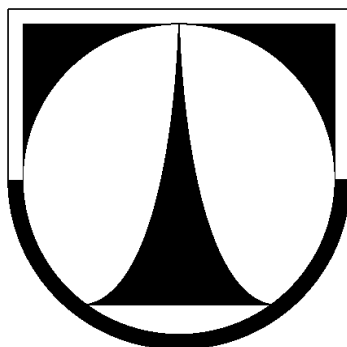


TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



**VLIV RYCHLOSTI ZATĚŽOVÁNÍ NA PEVNOST
LEPENÉHO SPOJE**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Studijní program B2341 - Strojírenství

Materiály a technologie
zaměření tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů

Vliv rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje

The effect of the rate of loading on the strength of an adhesive bonded joint

Luboš Lorenz
KSP – TP – B28

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Pavel Doubek, Ph.D. – *TU v Liberci*

Konzultant bakalářské práce: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D. – *TU v Liberci*

Rozsah práce a příloh:

Počet stran	55
Počet tabulek	7
Počet příloh	6
Počet obrázků	41

Datum: 25. 5. 2007

ANOTACE

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra strojírenské technologie

Oddělení tváření kovů a plastů

Studijní program: B2341 - Strojírenství

Student: Luboš Lorenz

Téma práce: Vliv rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje

The effect of the rate of loading on the strength of an adhesive bonded joint

Číslo BP: KSP - TP - B28

Vedoucí BP: Ing. Pavel Doubek, Ph.D.

Konzultant: Ing. Michaela Kolnerová, Ph.D.

Abstrakt:

Bakalářská práce se zabývá vlivem rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje u karosářských plechů. Jednotlivé lepené spoje jsou za různých rychlostí podrobeny zkoušce a následně porovnávány z hlediska mechanických vlastností a vzhledu porušené plochy.

Abstract:

The bachelor work analyzes the effect of the rate of loading on the strength of an adhesive bonded joint of the automobile body sheets. Individual bonded joints are tested under different speeds, followed by a comparison of their mechanical characteristics and appearance of the defective surface.

Místopřísežné prohlášení:

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 25. května 2007

.....
Luboš Lorenz
Západní 177
463 12 Šimonovice - Minkovice

Rád bych poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Pavlu Doubkovi, Ph.D. za odbornou pomoc při experimentální části, za cenné připomínky a podněty poskytnuté během vypracovávání zvoleného tématu. Chtěl bych poděkovat Ing. Michaele Kolnerové, Ph.D. za poskytnutí potřebných informací a odbornou pomoc při zpracování teoretické části.



OBSAH

1	ÚVOD	10
2	TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1	LEPENÉ SPOJE	11
2.1.1	LEPENÍ A JEHO ZPŮSOBY	11
2.1.2	VÝHODY A NEVÝHODY LEPENÝCH SPOJŮ	12
2.1.3	PRINCIP LEPENÉHO SPOJE	12
2.1.4	TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY PRO LEPENÉ SPOJE	16
2.1.5	ÚPRAVA POVRCHU PŘED LEPENÍM	17
2.1.5.1	ČISTOTA POVRCHU	17
2.1.6	KONSTRUKCE LEPENÝCH SPOJŮ OCELÍ	18
2.1.6.1	TLOUŠŤKA A TUHOST LEPENÉHO MATERIÁLU	23
2.1.7	MOŽNOSTI POUŽITÍ LEPENÝCH SPOJŮ	24
2.2	LEPIDLA	25
2.2.1	VLASTNOSTI LEPIDEL	25
2.2.2	TYPY PORUŠENÍ LEPENÉHO SPOJE	26
2.2.3	ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ	27
3	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	29
3.1	CÍLE EXPERIMENTU	29
3.2	CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ	30
3.2.1	POUŽITÉ LEPIDLO	30
3.2.2	POUŽITÉ MAZIVO	32
3.2.3	POUŽITÉ SUBSTRÁTY	33
3.3	PŘÍPRAVA VZORKŮ	33
4	NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY	38
4.1	MECHANICKÉ HODNOTY LEPENÝCH SPOJŮ	38
4.2	TYP PORUŠENÍ	43
5	HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	50
6	ZÁVĚR	52
	SEZNAM LITERATURY	54
	SEZNAM PŘÍLOH	55



Seznam použitých zkratek a symbolů

AF	- adhezní porušení
aj.	- a jiné
apod.	- a podobně
atd.	- a tak dále
b	- šířka adherendu (mm)
CF	- kohezní typ porušení
CRS	- ocelový plech bez povrchové vrstvy
č.	- číslo
ČSN	- Česká státní norma
EG	- ocelový plech galvanicky pozinkovaný
EG + PH	- galvanicky pozinkovaný s fosfátovým povlakem
F_{\max}	- maximální síla (N)
g	- gram
HDG	- ocelový hlubokotažný plech s ochrannou povrchovou vrstvou zinku
kg	- kilogram
kN	- kiloNewton
l_u	- délka překrytí (mm)
m^2	- metr čtverečný
m^3	- metr krychlový
min	- minuta
ml	- mililitr
mm	- milimetr
mm^2	- milimetr čtverečný
MPa	- megaPascal
n	- počet měření
N	- Newton
např.	- například
nm	- nanometr
obr.	- obrázek
Ps	- střední odlupovací pevnost (N/mm)



Ra	- drsnost
Rm	- smyková pevnost (MPa)
R _{ms}	- pevnost materiálu (MPa)
s	- směrodatná odchylka
S	- plocha (mm ²)
s _a	- tloušťka adherendu (mm)
SCF	- speciální kohezní porušení
s _l	- je tloušťka vrstvy lepidla (mm)
T	- teplota (°C), (K)
tab.	- tabulka
tj.	- to jest
tzn.	- to znamená
tzv.	- tak zvaný
x	- aritmetický průměr
μm	- mikrometr
°C	- stupeň Celsia
%	- procento

1 ÚVOD [1]

Zvyšováním technické úrovně konstrukcí v oblasti spojování klasických i novodobých materiálů vedlo po druhé světové válce ke značnému rozvoji výroby syntetických lepidel, pojiv a tmelů a souběžně s tím k vývoji technologií umožňujících jejich racionální využití.

Ve srovnání s klasickými metodami spojování (nýtováním, svařováním, stloukáním, šroubováním, sešíváním), poskytuje lepení nové kombinační možnosti a dovoluje získat spoje takových tvarů a vlastností, které nejsou dosažitelné běžnými způsoby spojování.

Za optimální pevnost konstrukčně použitelných lepených spojů v hlavních kritériích namáhání (ve styku, rázové pevnosti a odlupování) se považují hodnoty odpovídající hodnotám spojovaného materiálu.

Nelze však očekávat, že každé lepidlo poskytuje pevné spoje na všech druzích materiálu. I když některá lepidla, např. epoxidová a chloroprenová, lze s úspěchem použít k lepení řady materiálů, nelze je přesto považovat za univerzální. Univerzální lepidla prostě neexistují. Jen s určitými druhy lepidel, na konkrétních materiálech a za určitých pracovních podmínek, je možné dosáhnout spoje s optimálními vlastnostmi v určitém směru.

Cílem mé bakalářské práce je vyhodnotit vliv rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje v rozmezí od 10mm/min do 24 000mm/min. Při měření byla vyhodnocována pevnost ve smyku lepeného spoje dle normy PV 12.05 a pevnost v odlupu lepeného spoje dle normy ISO 11339. Pro obě uvedené zkoušky je též hodnocen typ porušení lepeného spoje dle ČSN ISO 10365. Při tvorbě lepeného spoje bylo využito lepidlo Betamate 1493. Pro zachování reálných technologických podmínek lepení bylo pro namazání lepených substrátů použito mazivo ANTICORIT PL 3802 - 39LV, které je v automobilovém průmyslu běžně používané.

2 TEORETICKÁ ČÁST

2.1 LEPENÉ SPOJE [2]

Lepené spoje představují moderní technologii ve spojování strojních součástí. Jejich rozvoj byl umožněn vývojem nových lepidel a dokonalejších technologií lepení.

Dlouho se lepením spojovaly pouze díly z nekovových materiálů, dnes užíváme lepení ke spojování kovových dílů nebo dílů z různých materiálů.

Lepení poskytuje řadu předností a výhod proti klasickým způsobům nerozebíratelného spojení. Při tom lze většinu lepených spojů rozebrat běžnými způsoby jako např. vylisováním nebo stahováním. U vysoce pevných spojů je nutno díly zahřát na 300 °C až 400 °C a pak rozebrat.

2.1.1 LEPENÍ A JEHO ZPŮSOBY [3]

Lepení je technologický postup spojování částí (adherendů) prostřednictvím lepidel (adheziv) v nerozebíratelný spoj, při kterém se využívají adhezivní síly mezi lepidlem a adherendem a vlastní koheze lepidla.

Způsoby lepení jsou závislé na druhu použitého lepidla, konstrukčním řešení lepeného spoje, tvaru a velikosti součásti a celkovém technologickém postupu zhotovení lepeného spoje, ve kterém je možné za rozhodující považovat parametry vytvrzování: teplotu (°C), tlak (MPa) a dobu (min), po kterou lepení probíhá.

Aplikace těchto parametrů je dosažena při použití různých metod, zařízení a přípravků. Nejvíce se v praxi používají metody, jež jsou odvozeny ze základního druhu zařízení používaného k lepení: vakuový stůl, tlakový lis, vytvrzovací pec a individuální tlakové a vyhřívané přípravky. Každá metoda se vyznačuje specifickými rysy.



2.1.2 VÝHODY A NEVÝHODY LEPENÝCH SPOJŮ

[2,4]

Výhody lepených spojů:

- Struktura materiálů lepených dílů se nemění na rozdíl např. od svařování
- Lepený spoj neoslabuje konstrukci otvory na rozdíl např. od nýtování
- V lepeném spoji nejsou v podélném směru koncentrace napětí
- Možnost lepení materiálů zcela rozdílných vlastností
- Možnost spojování velmi tenkých plechů, které nelze svařovat ani nýtovat
- Lepení umožňuje využívat jednoduchých konstrukcí, což vede ke snížení spotřeby materiálu i ceny
- Povrchy lepených dílů jsou hladké, bez deformací
- Spoje jsou těsné pro plyny i kapaliny při vnějším a vnitřním přetlaku u nádob a nádrží

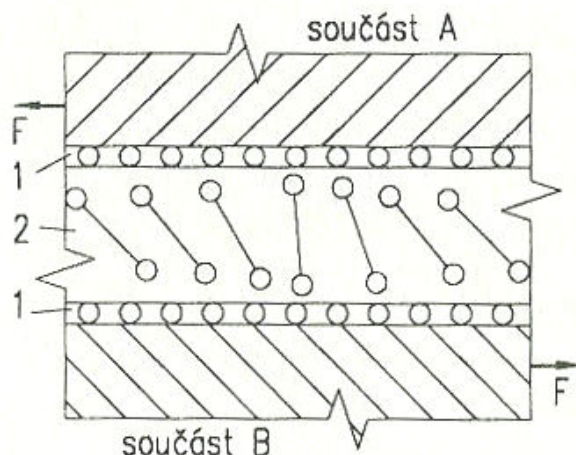
Nevýhody lepených spojů:

- Mají sníženou únosnost při proměnlivém zatížení
- Nehodí se pro vyšší provozní teploty na rozdíl od svařování a nýtování
- Doba tuhnutí spoje prodlužuje čas zhotovení spoje
- Vyžadují mnohdy složitější přípravu
- Potřebná zařízení pro realizaci spoje (např. lisy na stlačování lepených spojů) zvyšují náklady
- Práce s lepidly může být škodlivá zdraví

2.1.3 PRINCIP LEPENÉHO SPOJE

[2,5,6,7,8]

Soudružnost lepeného spoje a jeho únosnost závisí především na **adhezi**, tj. na přilnavosti lepidla na povrch spojovaných částí
kohezi, tj. na vlastní soudružnosti (pevnosti) lepidla



Obr. 2.1: Řez lepeným spojem [2]

1 - adheze, 2 - koheze

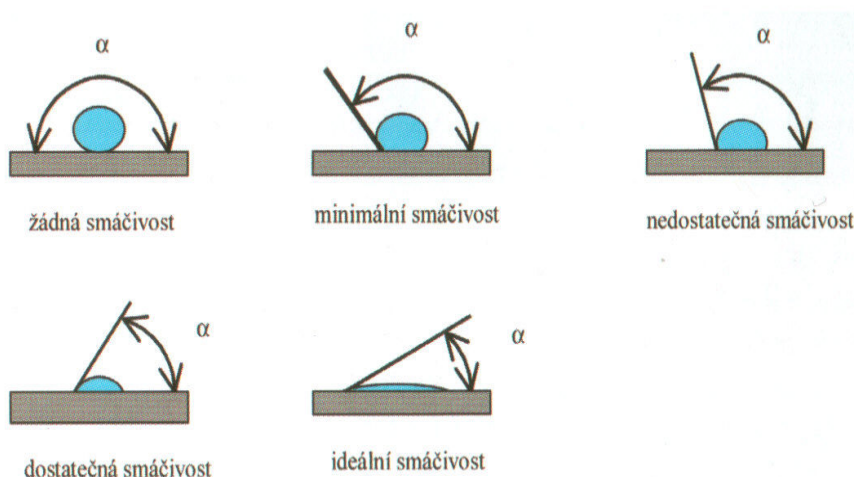
Na obr. 2.1 je schématicky znázorněn řez lepeným spojem, který znázorňuje strukturu tohoto spoje, kde lepidlo jako spojovací můstek mezi dvěma součástmi má tři vrstvy. Vrstvy 1 představují mezivrstvy mezi vrstvou lepidla 2 a povrchem součásti, ke kterému přilne lepidlo v důsledku adheze mechanické a specifické. Při mechanické adhezi proniká lepidlo do pórů a nerovností povrchu součástí, po ztuhnutí lepidla dojde k jeho zakotvení na povrchu součásti. Při specifické adhezi vznikají mezimolekulární síly na rozhraní lepidla a součásti. Tím dojde k jejich vzájemné vazbě. Dosah těchto mezimolekulárních sil je menší než hloubka povrchových nerovností opracovaných ploch, lepidlo tedy musí do těchto nerovností vniknout a smáčet celou plochu. Proto se vyžaduje dobrá smáčivost lepidla i povrchu kovu, která se zajistí kvalitním odmaštěním, případně dalšími úpravami.

Ve vrstvě lepidla 2 se uplatňuje koheze, již se rozumí vnitřní pevnost (soudružnost) lepidla. Koheze je v podstatě souhrn všech sil vyplývajících z molekulárních sil přitažlivosti a ze vzájemné vazby molekul polymerů, které brání oddělení jednotlivých molekul lepidla od sebe. Adhezní i kohezní síly by měly být přibližně stejné, tedy lepidlo by mělo vykazovat stejné soudržné síly (koheze) se silami přilnavosti (adheze).

Aby lepidlo odstranilo další příčinu slabých vazebních vrstev, a to vzduch, musí adherend (spojovaný materiál) dobře smáčet. Stupeň smáčivosti pevného povrchu s lepidlem lze kvantitativně vyjádřit úhlem

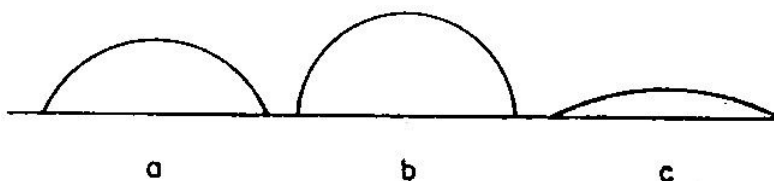
smáčení, tzv. kontaktním úhlem, který svírá okraj kapky lepidla se základním materiálem. Má-li lepidlo smáčet pevný povrch látky, musí být jeho povrchová energie menší, než je kritická povrchová energie lepené látky.

Dobře smáčivé jsou látky u nichž je elevační (krajový) úhel menší než 90° . Tento úhel určuje rozdíl povrchových napětí lepidla a vzduchu. Je-li rozdíl kladný, pak je elevační úhel ostrý a lepidlo dobře smáčí povrch viz obr. 2.2. Pokud je tomu naopak, pak lepidlo povrch nesmáčí viz. obr. 2.2. Povrchové napětí mezi adherendem a lepidlem je vždy menší, než mezi vodou a kovem, proto bude-li dobrá smáčivost povrchu vodou, lze předpokládat, že s lepidlem tomu bude také tak.



Obr. 2.2: Smáčivost lepidel [7]

Určité problémy způsobuje hystereze smáčení (obr. 2.3), tj. jev, při kterém na stejné základně kapky může být různý objem kapaliny, a bude tedy rozdílný kontaktní úhel. Tato hystereze se zejména projeví na nerovném povrchu, tzn., že těsně za nerovností bude kontaktní úhel jiný, než na dokonale hladkém povrchu.



Obr. 2.3: Hystereze smáčení [6]



Kromě hystereze smáčení je ještě důležitým faktorem rychlost smáčení, na které se zúčastní povrchové napětí, viskozita kapaliny a kapilární síly.

V procesu lepení, při adhezním spojování dílů, se uplatňují fyzikální síly, chemické vazby a mezimolekulární síly. Adhezi, jako jev vysvětluje řada teorií. Teorie se opírají o vztahy molekul a jejich vzájemné působení.

Přehled nejčastěji citovaných teorií adheze:

a) Molekulová (adsorpční) teorie

Základem adheze je vzájemné působení molekul adherendu a adheziva (lepidla). Je nevyhnutelné, aby oba dva druhy molekul měly polární funkční skupiny schopné vzájemného působení. Proces vzniku adhezního spoje lze rozdělit na dvě stádia:

- transport molekul adheziva, k povrchu adherendu;
- vzájemné působení mezimolekulárních sil po přiblížení molekul adheziva na vzdálenost menší, než je 0,5nm. Tento proces trvá až do dosáhnutí adsorpční rovnováhy.

b) Elektrostatická teorie

Tato teorie předpokládá dvojitou vrstvu vytvořenou dotykem dvou rozdílných substancí ve spoji, jako základ pro vznik adheze. Podle toho je spoj kondenzátorem, jehož rozdílně nabitě desky se přitahují. Jakmile je oddělíme, vzniklý potenciálový rozdíl se musí vybit, nebo vyzářit, jako elektronová emise.

c) Difúzní teorie

Podle této teorie pevnost spoje vzniká vzájemnou difúzí polymerů (nebo jiných materiálů) napříč rozhraním. Základem tohoto tvrzení je skutečnost, že některé látky (např. polymery) mohou navzájem difundovat a průběh této difúze, který závisí na čase, teplotě, viskozitě, relativní molekulové hmotnosti polymerů apod. ovlivňuje pevnost spoje.



d) Chemická teorie

Na získání pevného spoje, který nebude vykazovat adhezivní, ale jen kohezivní lom, je podle této teorie potřebné, aby materiály, které se mají navzájem spojit reagovaly vytvářením primárních chemických vazeb napříč rozhraním. Přestože někdy takovéto vazby vznikají, všeobecně lepení probíhá v termodynamických podmínkách, které vznik chemických vazeb neumožňují. Pokud by tyto podmínky nastaly, nelze tvrdit, že vazbové reakce budou probíhat jen na povrchu materiálů, ani to, v jakém rozsahu takové reakce pevnost spoje ovlivňují, nebo jestli pevnost jednoznačně zvyšují.

2.1.4 TECHNOLOGICKÉ ZÁSADY PRO LEPENÉ SPOJE [3,6]

Lepený spoj bude mít optimální vlastnosti při dodržení následujících zásad a praktických zkušeností:

1. Lepený spoj má být navržen tak, aby nebyl namáhán odlupováním.
2. Před použitím lepidla je třeba dobře prostudovat návod od výrobce k jeho použití a informovat se o technice lepení v odborné literatuře.
3. U vícesložkových lepidel je nutno dodržet předepsaný směšovací poměr a také pořadí vmíchávání jednotlivých složek. Předávkováním tvrdidla se pevnost spoje nezlepší, ale zhorší.
4. Lepidla se musí mísit v množství a za podmínek předepsaných výrobcem. Obojí ovlivňuje dobu životnosti směsi po smíchání.
5. Je nutné dodržet parametry vytvrzování, tj. teplotu, tlak a dobu. Studená lepidla nesnášejí urychlování vytvrzování zahřátím nad 100 °C.
6. Lepidla s vysokou pevností v odlupování mívají často malou pevnost spojů při zvýšených teplotách a naopak.
7. Úpravě ploch určených k lepení věnovat zvýšenou pozornost. Závisí na tom 90% pevnosti spoje.



8. Výběr lepidla se řídí především podle druhu materiálu adherendů a podle pevnosti spoje.
9. Při poruše lepeného spoje svědčí adhezivní porucha o nedokonalé úpravě povrchu před lepením, kohezní porucha může být vyvolána nevhodným výběrem lepidla, špatným vytvrzením, nevhodnou konstrukcí apod.
10. Bez náležitého vybavení provozu lepení nelze dosáhnout maxima pevnostních a ekonomických výhod lepených spojů.
11. Před hromadným zavedením lepení jsou nejvhodnější konzultace s pracovištěm, které má s lepením větší zkušenosti.

2.1.5 ÚPRAVA POVRCHU PŘED LEPENÍM [5,9]

Předpokladem pevného a spolehlivého spoje je vlastní příprava povrchu. Bez vhodné úpravy povrchu nemůže spoj dosáhnout určené pevnosti. Existují dvě základní metody povrchové úpravy:

- mechanická
- chemická

Zatímco hlavním účelem mechanické úpravy je zvýšit drsnost spojovaného materiálu, účelem chemické úpravy je většinou „aktivovat“ povrch nepolárních materiálů a tím zvýšit povrchové napětí adherendů tak, aby bylo možno použít k jejich lepení polárních typů lepidel, většinou dvousložkových.

2.1.5.1 ČISTOTA POVRCHU [1,6]

Jedním z předpokladů pro dosažení soudružného spoje je maximální kontakt lepidla s povrchem adherendu. Jsou-li kontaktní plochy znečištěny korozními produkty, např. rzi, zbytky nátěrových hmot a lepidel nebo mastnotou a separačními prostředky z výrobního procesu (vosky, prachem, plísněmi, potem, oleji, naftou, apod.), není možné očekávat dobré výsledky. Lepidlo se nedostane k povrchu lepeného materiálu, ale jen k povrchu nečistoty, takže pevnost spoje pak v nejlepším případě závisí

na soudružnosti nečistoty (např. starého laku) s podkladem a na rozsahu znečištění.

Na matných plochách nemusí být znečištění vůbec viditelné. Ke snížení pevnosti spoje postačí často dotyk prstů s povrchem lepené části. S neviditelným znečištěním povrchu se setkáváme také při lepení pryže a výlisků z plastů, které do hloubky zadržují zbytky voskových nebo silikonových separačních prostředků. Ve vztahu k pevnosti spoje jsou na znečištění povrchu zvláště citlivé hladké neporézní materiály, např. sklo, porcelán, kovy.

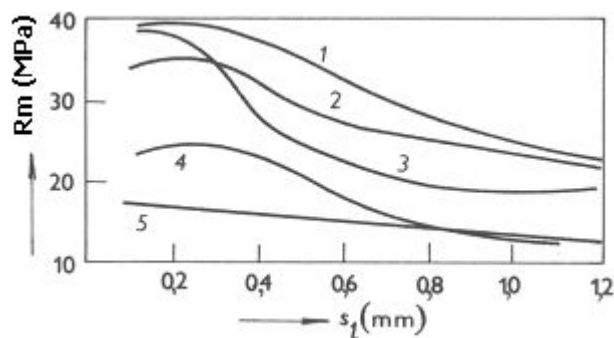
V postatě můžeme považovat za nečistý každý povrch, který nebyl pro lepení zvlášť upraven. Čištění se provádí různými způsoby, podle složení materiálu, jeho struktury a požadovaného efektu. U tuhých kompaktních hmot se mechanicky odstraňují tenké povrchové vrstvy, v jiných případech postačí odmaštění rozpouštědly nebo smáčecími prostředky.

2.1.6 KONSTRUKCE LEPENÝCH SPOJŮ OCELÍ

[3,5,6]

Z hlediska pevnosti výsledného lepeného spoje je nejenom nutné použít vhodný typ lepidla a dodržet předepsané technologické podmínky při vytváření spoje, ale záleží též na vlastní konstrukci spoje a umístění spoje v rámci celého vyráběného dílu. Pevnost lepeného spoje ovlivňují:

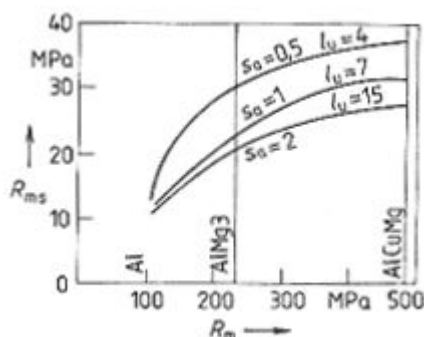
- 1. Vlastnosti zvoleného lepidla.** Mimo dobré adheze k materiálům je důležitá kohezní pevnost a pružnost lepidla, jeho součinitel tepelné roztažnosti, pokles pevnosti v závislosti na teplotě, odolnost proti vodě a hodnota smršťování.
- 2. Tloušťka vrstvy lepidla.** Se zvyšující se tloušťkou klesá pevnost ve smyku i v tahu a roste pravděpodobnost porezity (obr. 2.4). Požadovanou tloušťku lze dosáhnout vhodným tlakem, plnidly s velikostí zrna odpovídající tloušťce, nebo vkládání drátků mezi spojované plochy. Přijatelné tolerance tloušťek vrstvy jsou pro epoxidy (0,1 až 0,7) mm, modifikované epoxidy (0,1 až 0,2) mm.



Obr. 2.4: Pevnost ve smyku klesá s rostoucí tloušťkou vrstvy lepidla [3]
(s_l je tloušťka vrstvy lepidla R_m je smyková pevnost)

3. Povrchová úprava adherendů. Má zajistit dosažení maximální možné smáčivosti povrchů zvoleným lepidlem a vytvoření adhezivních vazeb. Při mechanické úpravě (jemné soustružení, frézování, smirkování, pískování atd.) se získá shodnost lepených ploch a vhodná drsnost ($R_a = 0,8$ až $6,3\mu m$). Při chemické úpravě se lepené povrchy odmašťují organickými rozpouštědly (acetón, trichloretylen aj.), nebo alkalickými odmašťovacími a kyselinami. Pro zvýšení adheze se provádí moření, fosfátování a elektrochemické úpravy.

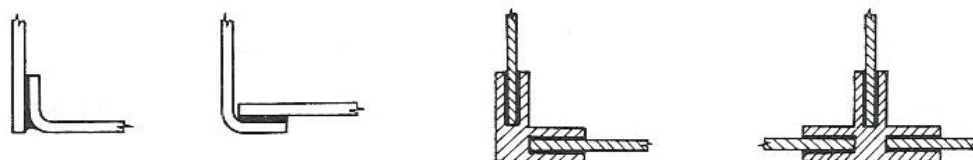
4. Fyzikálně-mechanické vlastnosti lepených materiálů. Všeobecně je možno říci, že materiál s vyšší pevností může dosáhnout vyšší absolutní pevnost spoje. Při lepení materiálů s rozdílnými moduly pružnosti a součiniteli tepelné roztažnosti je třeba volit lepidla, která tyto rozdíly snižují. Vliv pevnosti materiálu na pevnost lepeného spoje ve smyku je na obr. 2.5.



Obr. 2.5: Vliv pevnosti materiálu na pevnost lepeného spoje ve smyku
(stoupá s pevností lepeného plechu) [3]

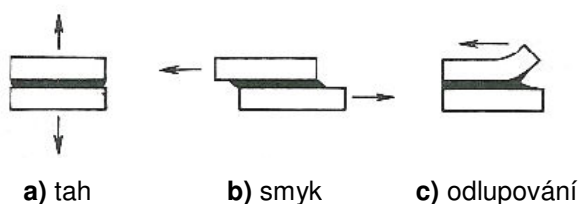
l_u – délka překrytí, R_{ms} – pevnost materiálu, R_m – pevnost spoje, s_a – tloušťka adherendu

5. Konstrukční tvar spoje. Řeší vzájemnou polohu lepených částí tak, aby byla získána určitá styková plocha a tloušťka lepidla ve spoji. Plochu a tím i pevnost spoje je možno zvětšovat celkovou orientací spojovaných částí proti směru namáhání (např. záměnou tupého spoje za šikmý spoj), nebo příložkami, které působí i svojí mechanickou pevností. Příklady úhlových spojů jsou na obr. 2.6.

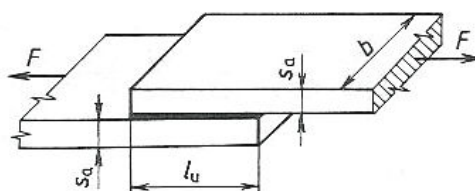


Obr. 2.6: Úhlové spoje tenkých plechů [3]

6. Způsob namáhání. Lepené spoje mohou být namáhány tahem, smykem a na odlup (obr. 2.7) a to staticky staticky nebo dynamicky.



Obr. 2.7: Namáhání lepených spojů [3]

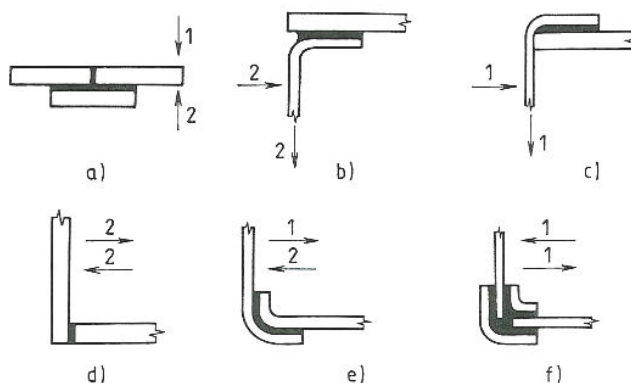


Obr. 2.8: Namáhání smykové – přeplátovaný spoj [3]

s_a - tloušťka adherendu, l_u - délka překrytí, b - šířka adherendu

Největší pevnost mají spoje namáhané smykem (obr. 2.8), malou pevnost mají spoje namáhané tahem a nejmenší pevnost mají spoje namáhané odlupováním. Proto se lepený spoj konstruuje tak,

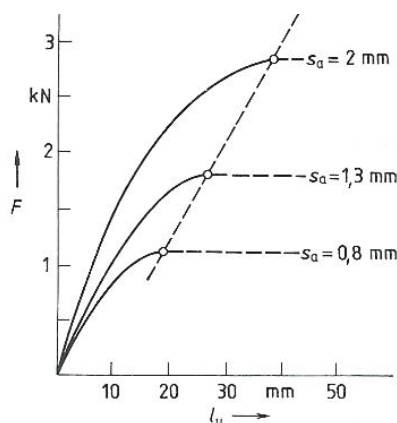
aby rozhodující namáhání bylo smykové, popř. tlakové. Vhodnost nebo nevhodnost směru působení zatížení u různých konstrukčních řešení lepených spojů je na obr. 2.9.



Obr. 2.9: Zatížení lepených spojů [3]

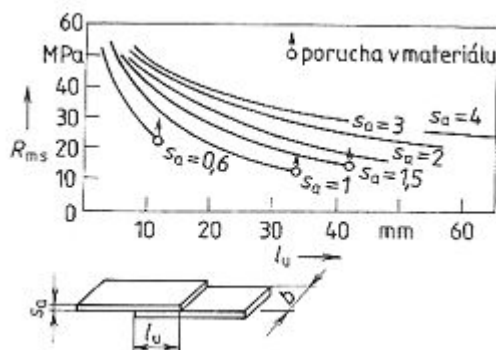
1 – vhodné 2 – nevhodné

7. Vliv geometrických parametrů u překládaných spojů. Absolutní pevnost spoje dané šířky vzrůstá s délkou překrytí l_u jen do určitého maxima, kdy nemá význam překrytí zvyšovat (obr. 2.10). Je to ovlivněno pevností a tloušťkou s_a adherendů. Specifická pevnost ve smyku s rostoucí délkou l_u klesá (obr. 2.11)



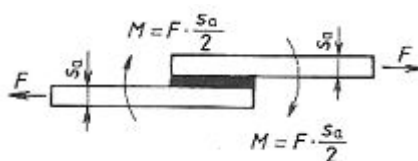
Obr. 2.10: Vliv tloušťky s_a adherendu a překrytí na pevnost překládaného spoje dané šířky [3]

F – síla při přetržení, l_u – délka překrytí



Obr. 2.11: Pevnost ve smyku klesá s rostoucí délkou přeplátování [3]
 s_a - tloušťka adhérendu, l_u – délka překrytí, R_{ms} - pevnost materiálu, b - šířka adhérendu

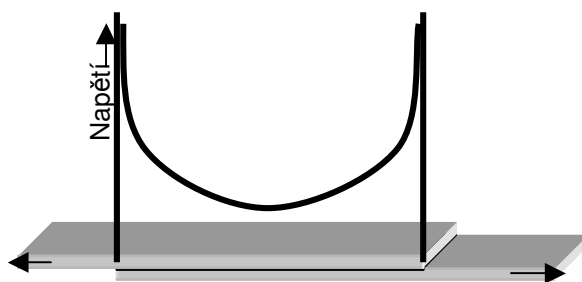
Důvodem klesání pevnosti ve smyku je nerovnoměrné rozdělení napětí ve „filmu“ lepidla, způsobené pružností a deformací adhérendů. Koncentrace napětí na okrajích lepeného spoje se zvyšuje působením momentu silové dvojice (obr. 2.12).



Obr. 2.12: Deformace spojů v důsledku ohybového momentu tuhých adhérendů [3]

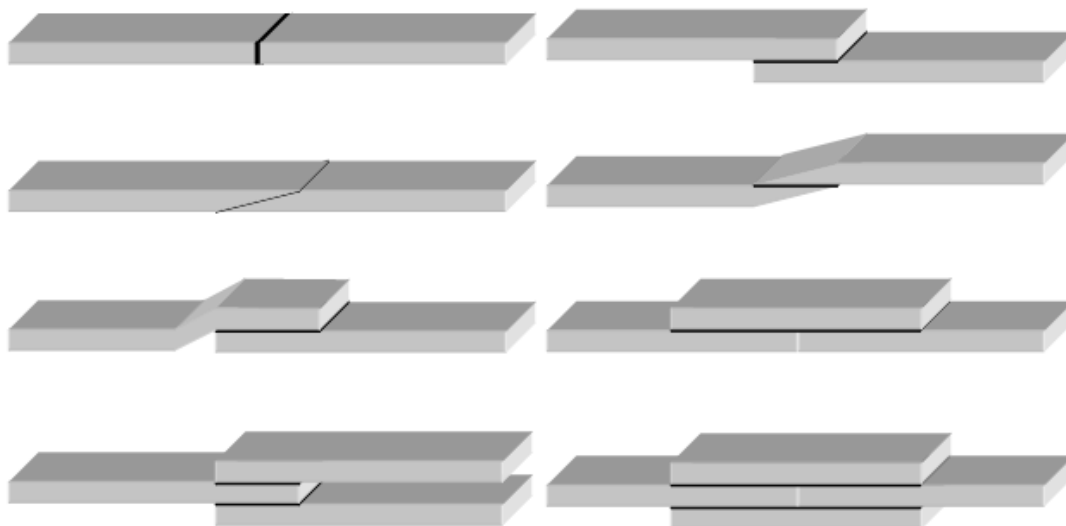
Tato dvojice vyvolá tahové napětí, jehož maximum je na okrajích spoje a je příčinou odlupování. Úroveň napětí při odlupování je možno snížit nejen zvětšováním pevnosti a tloušťky adhérendu, ale i různými konstrukčními úpravami.

Nejběžnějším spojem je jednoduchý přeplátovaný spoj. Z obrázku 2.13 je vidět, že na hranách vzniká koncentrace napětí. To způsobuje, že napětí, při kterém se spoj porušuje, je podstatně nižší než skutečná smyková pevnost lepidla. [10]



Obr. 2.13: Rozložení napětí v přeplátovaném lepeném spoji [10]

Na obr. 2.14 jsou zobrazeny základní typy lepených spojů, ostatní možné spoje jsou kombinací základního typu, jímž je přeplátování při použití dvou a více pomocných plátů.



Obr. 2.14: Způsoby lepení plošných těles [10]

2.1.6.1 TLOUŠŤKA A TUHOST LEPENÉHO MATERIÁLU [1]

Tloušťka lepeného materiálu a její odpovídající tuhost souboru v místě spoje je dalším z kritérií správného výběru lepidla. Jestliže tlustší materiál je i méně ohebný, klesá se zvětšenou tloušťkou adherendů i pravděpodobnost deformace spoje a zvyšuje se jeho odolnost vůči dynamickému namáhání. Totéž platí i v opačném smyslu. Deformace lepeného souboru tenkých materiálů vyvolává namáhání spoje v odlupování, jemuž většina lepidel málo odolává.

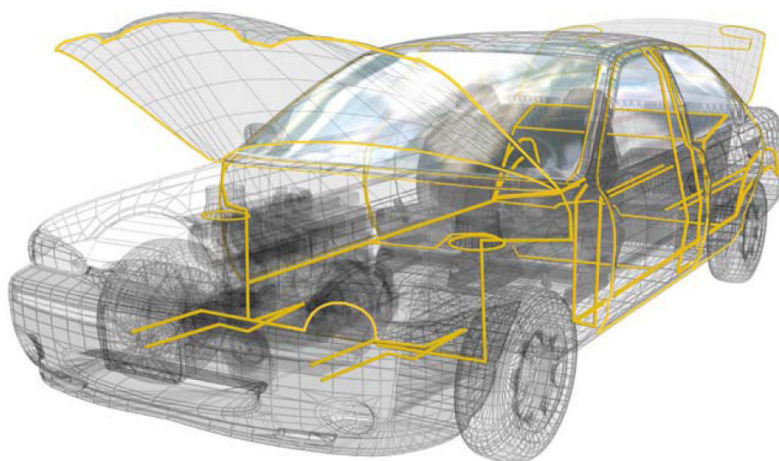
Nepříznivý vliv deformace souboru na pevnost spoje lze vyloučit buď konstrukční úpravou spoje, zvětšením tloušťky adherendů, anebo dosažením srovnatelné elasticity filmu lepidla a obou materiálů.

Spojují-li se dva tlustostěnné, zcela neohebné tvrdé materiály, např. odlitky, výlisky, profily a desky z kovu nebo z jiných tvrdých materiálů, vybereme lepidlo vytvářející tvrdý film, přičemž se snažíme dosáhnout maximálních hodnot ve smykové a rázové pevnosti.

2.1.7 MOŽNOSTI POUŽITÍ LEPENÝCH SPOJŮ

[1,6]

Technologie lepení obvykle výrazně snižuje výrobní náklady času potřebného k vytvoření spojení a nákladů na přesnost výroby úsporu lícování. Ve strojírenství se uplatní především syntetická lepidla při spojích s kovy i nekovy při výrobě letadel, automobilů, strojů, technologických příslušenství, nádrží, obkladových a těsnících materiálů. Lepidla lze s výhodou používat i při opravách poškozených kovových částí, odlitků, jako prostředek pro dočasné upnutí obrobků apod. Lepením se spojují kovy s energetickými materiály brzdová obložení, brousící kotouče, výroba přístrojů v optickém průmyslu, řezné nástroje apod. Na obr. 2.15 je znázorněn příklad použití lepených spojů v automobilovém průmyslu.



Obr. 2.15: Příklady použití lepených spojů ve stavbě karoserie [13]

2.2 LEPIDLA [5,6]

Lepidlo je materiál schopný držet při sobě povrchy tuhých látek adhezivními a kohezivními silami. Lepidlo by mělo splňovat tyto požadavky:

- zajišťovat dostatečnou pevnost spoje,
- mít dostatečnou lepivost v tekutém stavu,
- poskytovat spoje s co největší tepelnou odolností (-30 °C až 80 °C),
- poskytovat spoje s co největší odolností proti vnějším vlivům (vodě, chemickým činitelům apod.),
- při vytvrzování se co nejméně smršťovat,
- mít vhodné elektrochemické vlastnosti,
- mít dobrou skladovatelnost,
- vyžadovat minimální operace před lepením,
- umožňovat jednoduché nanášení

Při volbě lepidla se vychází z předem ověřených vlastností udávaných výrobcem lepidla. Vybíráme lepidlo podle požadovaných pevnostních vlastností spoje, technologie zpracování a popř. ceny lepidla. Z pevnostních vlastností spoje se uvažuje na pevnost v odlupování, pevnost ve smyku, pevnost ve smyku při dlouhodobém zatížení za zvýšené teploty, únavovou pevnost a rázovou pevnost. Volba lepidla závisí především na lepených materiálech, jejich tvaru a rozměrech, na umístění a poloze lepeného místa a podmínkách postupu lepení.

2.2.1 VLASTNOSTI LEPIDEL [1,5]

Pokud charakterizujeme lepidlo, musíme hodnotit jeho základní vlastnosti. Nejdůležitější jsou vlastnosti adhezivního základu. Lepidla patří do třídy materiálů, které také známe jako polymery, plasty nebo syntetické a přírodní pryskyřice.

Jejich nejdůležitější vlastnosti jsou:

Chemická struktura určuje adhezivní vlastnosti tím, že ovlivňuje polaritu a reaktivitu lepidla. Polarita v podstatě pomáhá určit, jaký polymer bude vhodný na adhezivní základ lepidla. Dle názoru McLarena „adhezivní vazbu může vytvořit pouze polární látka s polární“.

Reaktivita lepidla je vlastnost, která závisí nejen na struktuře adhezivního základu lepidla, ale i na dalších složkách, zejména katalyzátorech. Reaktivita lepidla se mění s časem skladování a často i s teplotou.

Skladovatelnost lepidla je čas, během kterého je možno lepidlo uskladňovat za předepsaných podmínek. V tomto čase se mění reaktivita lepidla. Lepidlo ztrácí schopnost vytvrzovat. Mění se také konzistence a ostatní vlastnosti.

Montážní čas je čas, který uplyne od začátku smíchání s katalyzátorem do začátku želatinace. V této době je potřebné oba substráty přiložit k sobě za účelem vytvoření spoje.

Vytvrditelnost je vlastnost, která zohledňuje reaktivitu lepidla, současně s vytvrzovacími podmínkami.

Tekutost lepidla souvisí s viskozitou, ovlivňuje nejen technologii nanášení lepidla, ale i tloušťku naneseného filmu a tlak pro vytvoření spoje.

Vydatnost (coverage) udává spotřebu lepidla na určitou plochu. Vydatnost se udává jako maximální lepená plocha v m², kterou je možno slepit pomocí 1 kg lepidla.

Sušina je důležitý údaj u roztočových a disperzních lepidel. Po odpaření nosného média zůstane ve spoji množství adhezivního základu, které je udáno sušinou.

2.2.2 TYPY PORUŠENÍ LEPENÉHO SPOJE [6,11]

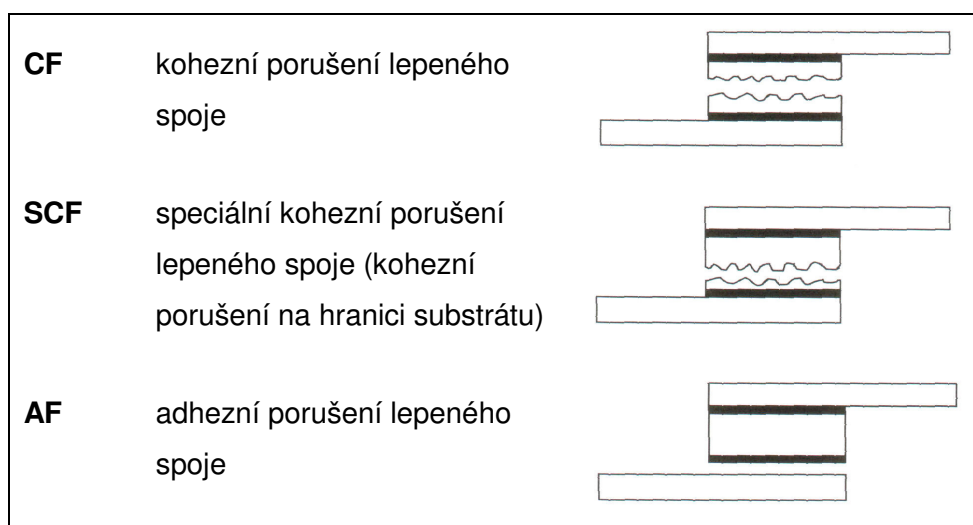
Důležitým faktorem pro hodnocení lepených spojů je způsob porušení ke kterému dojde během destrukčních zkoušek. Základní hodnocení typů porušení lepených spojů předepisuje norma ISO 10365 a to jako:

Adhezní porušení – prasknutí lepeného spoje, které se zjevně projeví oddělením na rozhraní lepidlo/adherend.

Kohezní porušení – prasknutí lepeného spoje, při kterém se oddělení zjevně projeví buď v lepidle, nebo adherendu.

Speciálně kohezní porušení – porušení vzniká na hranici substrátu a adherendu.

Jednotlivé typy porušení popisuje obr. 2.16.



Obr. 2.16: Porušení u lepených spojů [12]

2.2.3 ZKOUŠKY LEPENÝCH SPOJŮ

[5,6]

Po zhotovení lepeného spoje se zkouší hlavně pevnost a ostatní mechanické vlastnosti. Tyto vlastnosti závisí od konstrukce a tvaru spoje, od materiálů, ze kterých se spoj skládá, od směru, způsobu a velikosti namáhání.

V praxi se zkoušky mechanických vlastností rozlišují na dvě hlavní skupiny a to na destruktivní a nedestruktivní.

Destruktivní zkoušky se nejčastěji rozdělují do skupin podle charakteru jednotlivých složek spoje:

1. *Metody nerovnoměrného odtrhnutí*

- zkoušky spoje tuhých materiálů
- zkoušky spojů, ve kterých je aspoň jeden substrát ohybný, respektive pružný.



2. Metody rovnoměrného odtrhnutí

Používají se zpravidla při zkoušení kombinovaných systémů, z čeho vyplývá větší počet metod, které můžeme zahrnout do skupin:

1. zkoušky systému pryž-kov
2. zkoušky systému plast-kov

3. Metody s využitím napětí ve smyku

Princip zatížením ve smyku se využívá při zkoušce pevnosti tuhých spojů přeplátovanými spoji. Smykové napětí působí v rovině spoje a vzniká při namáhání tahem, tlakem.

nedestruktivní metody založené na použití:

- radioaktivního záření
- akustické a ultrazvukové rezonance
- elektronové mikroskopie
- elektronové emise
- infračerveného záření
- infračerveného záření
- laserových paprsků
- holografie

Základní zkoušky lepených spojů a podmínky jejich provádění jsou předepisovány normami. Pro hodnocení lepených spojů v automobilovém průmyslu jsou stávající platné normy cíleně ovlivňovány požadavky daného odvětví. Do technologie lepení pak vstupují konkrétní aspekty jako např. slepování neočištěných plechů apod.



3 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1 CÍLE EXPERIMENTU

Lepené spoje v průmyslové praxi a především v automobilovém průmyslu jsou namáhány při teplotně různých rychlostních podmínkách. V provozu jsou často vystaveny různým teplotám a rychlostem zatěžování. (slunce, mráz, chvění, nárazy apod.)

Cílem bakalářské práce je vyhodnotit vliv rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje v rozmezí od 10mm/min do 24 000mm/min. Při měření byla vyhodnocována pevnost ve smyku lepeného spoje dle normy PV 12.05 a pevnost v odlupu lepeného spoje dle normy ISO 11339. Pro obě uvedené zkoušky bude též hodnocen typ porušení lepeného spoje dle ČSN ISO 10365. Obě použité normy jsou uvedeny v příloze č.1 a č.2. Pro zkoušky byly vybrány tři substráty z hlubokotažných ocelových plechů, které se používají pro stavbu karoserie s povrchy:

- **HDG** žárově pozinkovaný
- **EG+PH** galvanicky pozinkovaný s fosfátovým povlakem
- **CRS** bez povrchové ochranné vrstvy

Pro zhotovení vlastního lepeného spoje bylo použito lepidlo Betamate 1493. Charakteristické vlastnosti tohoto lepidla jsou blíže popsány v kapitole 3.2.1. (Materiálový list viz příloha č.3). Použito bylo mazivo ANTICORIT PL 3802 - 39LV.

Vyhodnocení experimentu bylo provedeno ve dvou krocích:

1 Vyhodnocení z pevnostního hlediska

- a) Byla provedena zkouška pevnosti lepených spojů ve smyku při zatěžování, kde výsledkem zkoušky byla smyková pevnost R_m (MPa).
- b) Byla provedena zkouška stanovení pevnosti lepených spojů v odlupování metodou podle ISO 11339. Výsledkem zkoušky byla střední odlupovací pevnost P_s (N/mm).



2 Vyhodnocení podle typu porušení

Podle doporučení normy ČSN ISO 10365 byl vyhodnocován typ porušení lepeného spoje. Cílem zkoušky bylo určit vliv rychlosti zatěžování lepeného spoje na způsob jeho porušení.

3.2 CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH MATERIÁLŮ

3.2.1 POUŽITÉ LEPIDLO [13]

K vytvoření lepeného spoje u vzorků pro experiment bylo použito lepidlo BETAMATE 1493 vyráběné firmou DOW Automotive (obr. 3.1). Jedná se o jednosložkové lepidlo určené pro lepení částí karoserie automobilů. Typické použití tohoto lepidla je především tam, kde je potřeba zachovat pevnost při nárazu, tzn. lepení přírub apod. Lepidlo *Betamate 1493* je „ideální pojivo“, které nahradí běžný i laserový svar (tab. 3.1).

Vlastnosti lepidla Betamate 1493:

- možnost lepení galvanicky pokovovaných povrchů,
- vysoká pevnost po vytvrzení,
- vysoká trvanlivost lepených spojů (životnost lepidla),
- ochrana proti korozi,
- kompatibilní s ostatními mechanickými nebo tepelnými spoji.

Tab. 3.1: Technická data lepidla BETAMATE 1493

BETAMATE 1493	
Základ	epoxidová pryskyřice
Barva	modrá
Hustota	1,17g/ml při 23 °C
Obsah pevných složek	>99%
Viskozita	4000 (23°C, 1s ⁻¹)
	700 (40°C, 1s ⁻¹)
Bod vzplanutí	>150 °C
Podmínky vytvrzování	>180 °C/30min
Pevnost v tahu (EN ISO 527-1)	40MPa
Prodloužení při zlomu (EN ISO 527-1)	14,70%
Modul elasticity (EN ISO 527-1)	1800MPa
Smyková pevnost (EN 1465)	18,7MPa (25 x 10 x 0,2mm)
Odolnost proti olupování	4N/mm
Odolnost olupování při úderu	30N/mm
Chemická odolnost	velmi dobrá



Obr. 3.1: Lepidlo Betamate 1493



3.2.2 POUŽITÉ MAZIVO [14]

Pro „dokonalý“ lepený spoj je důležitá vynikající smáčivost substrátu lepidlem. Smáčivost karosářských plechů maziva snižují, to se potom projevuje na snížení pevnosti lepeného spoje. Mazivo se používá u karosářských plechů jako ochrana proti korozi při výrobě, dále v lisovnách pro zlepšení tribologických podmínek při lisování. Všeobecně se dá říci, že maziva snižují smáčivost substrátu lepidlem, což negativně ovlivňuje proces lepení.

Konkrétně bylo pro experiment použito antikorozní mazivo ANTICORIT PL 3802 - 39LV. Jedná se o běžně používaný prací olej v automobilovém průmyslu. Fyzikální a chemické vlastnosti maziva jsou uvedeny v tabulce 3.2. (kompletní technický list v příloze č.4).

Tab. 3.2.: Fyzikální a chemické vlastnosti maziva

ANTICORIT PL 3802 - 39 LV				
•	Skupenství:	tekutina		
•	Barva:	hnědá		
•	Zápach:	charakteristický		
		Hodnota/rozsah	Jednotka	Metoda
•	Změna stavu			
•	Bod tuhnutí / tání / rozsah teploty tání:	Není stanoveno		
•	Bod varu / rozsah teplot varu:	neužívá se		
•	Bod vzplanutí:	150	°C	ISO 2592
•	Teplota rozkladu:	Není stanoveno		
•	Samovznítitelnost:	není samovznítitelný		
•	Nebezpečí výbuchu:	není výbušný		
•	Hustota: při 15 °C	890	kg/m ³	DIN 51 757
•	Rozpustnost v /mísitelnost			
	voda:	není, případně málo mísitelný		
•	Viskozita nebo třída konzistence:			
	kinematická: při 40 °C	15	mm ² /s	DIN 51 562



3.2.3 POUŽITÉ SUBSTRÁTY

Pro experimentální zkoušky byly použity dva substráty s povrchovou ochrannou vrstvou zinku:

- **HDG** – ocelový hlubokotažný plech s ochrannou povrchovou vrstvou zinku; tloušťka plechu 0,8mm.
- **EG+PH** – ocelový plech galvanicky pozinkovaný s fosfátovým povlakem; tloušťka plechu 0,8mm.

A dále jeden substrát bez ochranné povrchové zinkové vrstvy:

- **CRS** – ocelový hlubokotažný plech s ochrannou povrchovou vrstvou zinku; tloušťka plechu 0,8mm.

Jedná se o základní typy hlubokotažných plechů používaných pro stavbu karoserie automobilu.

3.3 PŘÍPRAVA VZORKŮ [15,16]

1. Nastříhání plechů na vzorky

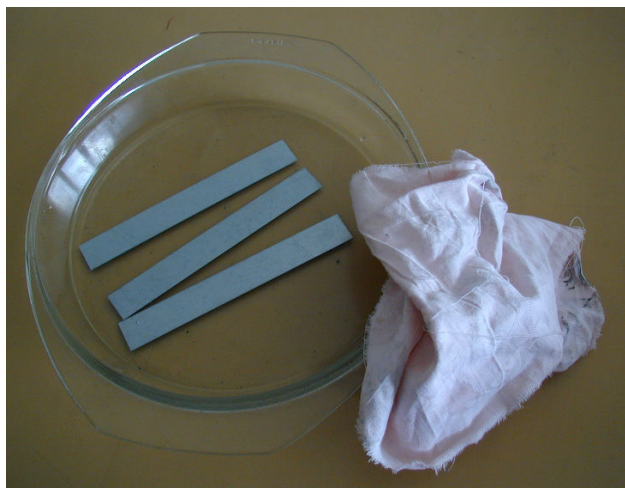
Vzorky byly nastříhány na tabulových nůžkách z tabule o tloušťce 0,8mm na požadované rozměry vzorků. Pro zkoušku PV 12.05 jsou rozměry vzorků: délka 150 ± 1 mm, šířka: $20 \pm 0,2$ mm. Pro zkoušku dle ISO 11339 jsou rozměry: délka 200 ± 1 mm a šířka $25 \pm 0,5$ mm.

Po nastříhání byly odstraněny ostřiny z okrajů plechů, které zasahovaly do zkoušené plochy. Vzorky pro zkoušku v odlupu byly dále pomocí ohraňovacího nástroje ohnuty ve vzdálenosti 50mm od okraje pod úhlem 90° .

2. Očištění a odmaštění plechů

Vzorky byly před nanesením maziva očištěny suchou bavlněnou tkaninou a následně odmaštěny v průmyslovém odmašťovacím prostředku

Triclean D60 viz obr. 3.2 (namočení a vysušení suchou tkaninou – 2krát opakovaně). Tímto způsobem byly dokonale odstraněny všechny nečistoty z povrchu včetně zbytků konzervačního maziva.



Obr. 3.2: Odmaštění vzorků

3. Nanesení maziva

Pro experimentální měření bylo použito mazivo ANTICORIT PL 3802-39LV. Množství maziva bylo voleno 3g/m^2 . Mazivo bylo nanášeno bavlněnou textilií, rovnoměrně po celém povrchu. Kontrola byla provedena IR aparátem od firmy Fuchs.

- Prodléva

Namazané vzorky setrvaly 1 hodinu na vodorovné ploše v klidu, jak předepisuje norma. Důvodem je rovnoměrná kondicionace maziva po celé ploše. (U emulzních typů lepidel dojde k odpaření vody.)

4. Lepení vzorků

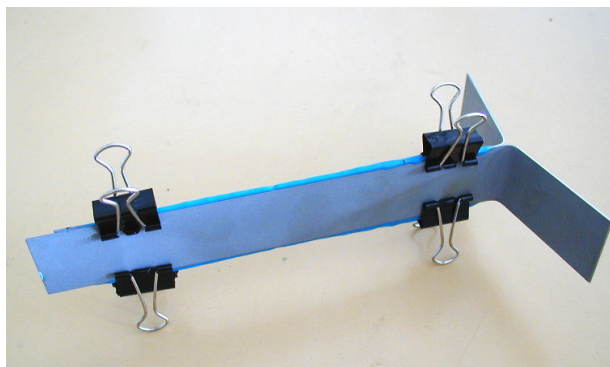
- Proces lepení

Na vzorky bylo nanášeno lepidlo ve tvaru tzv. „housesky“ a následně vloženy distanční drátky průměru 0,2mm, které zajistily konstantní tloušťku lepidla při vzájemném sevření lepených substrátů. Přiložením obou kusů k sobě a zafixováním svorkami vznikl vzorek určený

k vytvrzení (obr. 3.3). Délka přeplátování pro zkoušku PV 12.05 byla 10mm.



a) PV 12.05



b) ISO 11339

Obr. 3.3: Sesazení vzorků a zajištění svorkami

- **Prodleva**

Při procesu lepení v praxi není lepený spoj vytvrzen ihned po slepení. Prodleva způsobená např. jinými technologickými operacemi trvá přibližně jednu hodinu, proto se vzorky nechaly stejnou dobu před vytvrzením ležet. Za tuto dobu lepidlo částečně absorbovalo nanesené mazivo. Po uplynutí jedné hodiny následovalo vytvrzení.

- **Vytvrzení**

Vlastní vytvrzení probíhalo při objektové teplotě 180 °C po dobu 20min, v teplovzdušné sušárně *Venticell 222* s nucenou cirkulací vzduchu od firmy *BMT*. (obr. 3.4).



Obr. 3.4: Sušárna Venticell 222

- Chladnutí slepených vzorků

Po vyjmutí ze sušárny se vzorky nechaly vychladnout při pokojové teplotě, následovalo odejmutí fixačních svorek. Vychladlé vzorky se nechaly odležet 24 hodin při pokojové teplotě.

5. Zjištění pevnostních hodnot

Na trhacím zařízení TIRAtest 2300 (obr. 3.5) s použitím tenzometrické měřicí hlavy, o rozsahu síly 0 až 10kN bylo provedeno „trhání“ vzorků zvolenými rychlostmi: 10mm/min, 50mm/min, 100mm/min, 600mm/min. Pro rychlost 24 000mm/min bylo použito speciální zařízení pro hodnocení tribologických vlastností soustav plech-mazivo-nástroj, s použitím tenzometrické měřicí hlavy o rozsahu 0 až 20kN (obr. 3.6).



Obr. 3.5: Trhací zařízení TIRAtest 2300



Obr. 3.6: Speciální zařízení pro hodnocení tribologických vlastností

4 NAMĚŘENÉ VÝSLEDKY

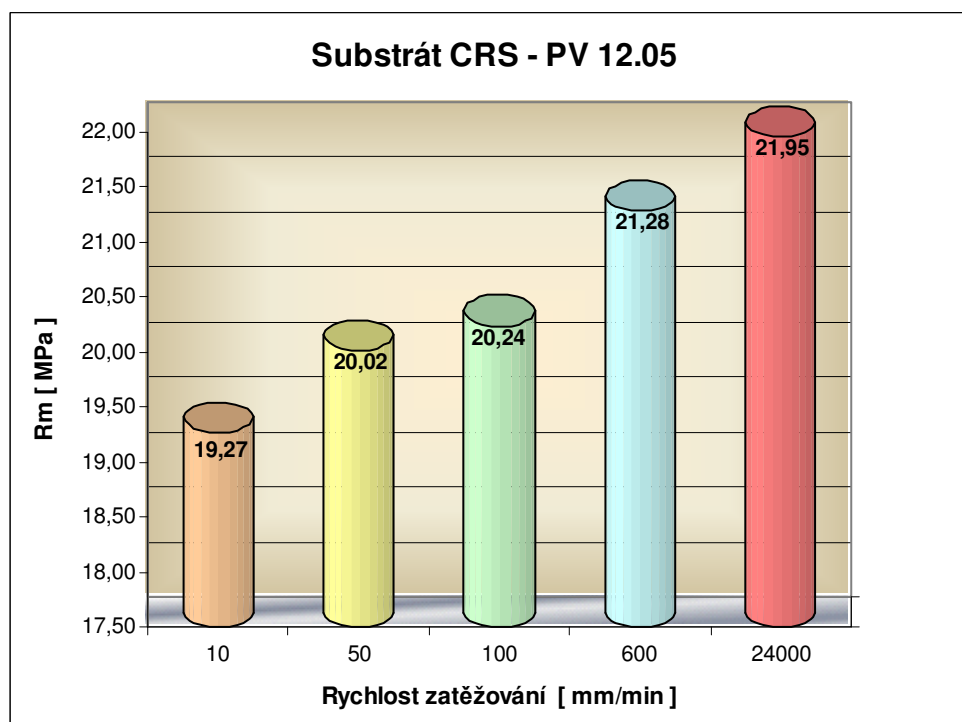
V následujících kapitolách jsou uvedeny všechny získané výsledky z měření. Výsledky pevnostních hodnot v závislosti na rychlosti jsou uvedeny v tabulkách č. 4.1 až č. 4.3 a v grafech na obr. 4.1 až obr. 4.6.

4.1 MECHANICKÉ HODNOTY LEPENÝCH SPOJŮ

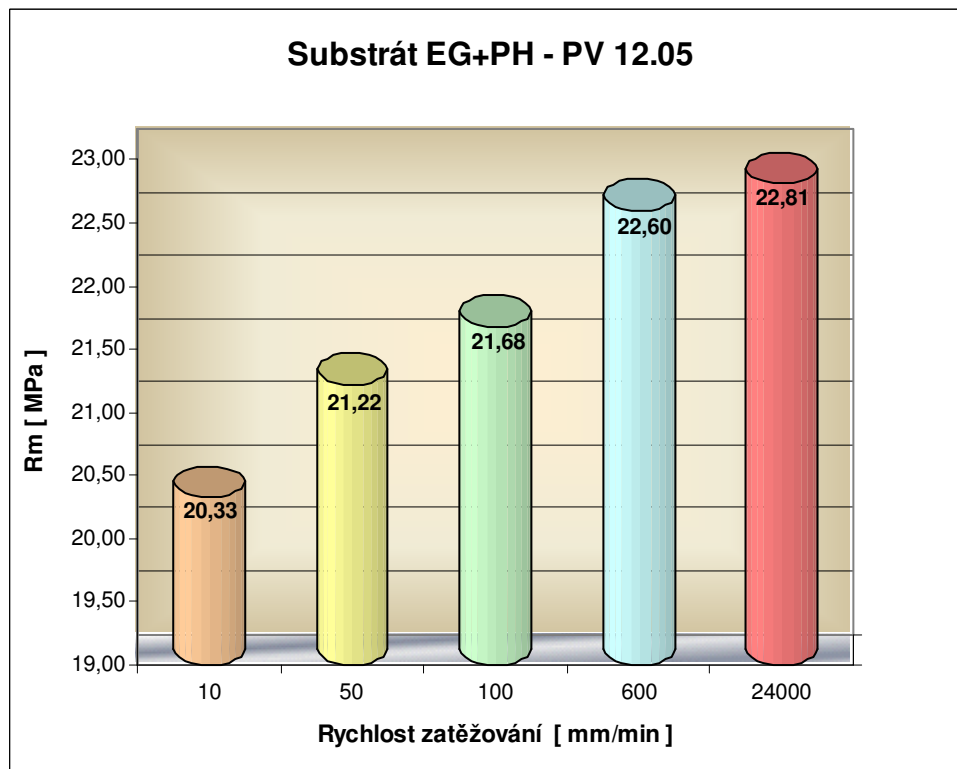
Pevnost ve smyku při zatěžování v tahu PV 12.05

Tab. 4.1: Pevnosti lepených spojů ve smyku R_m (MPa)

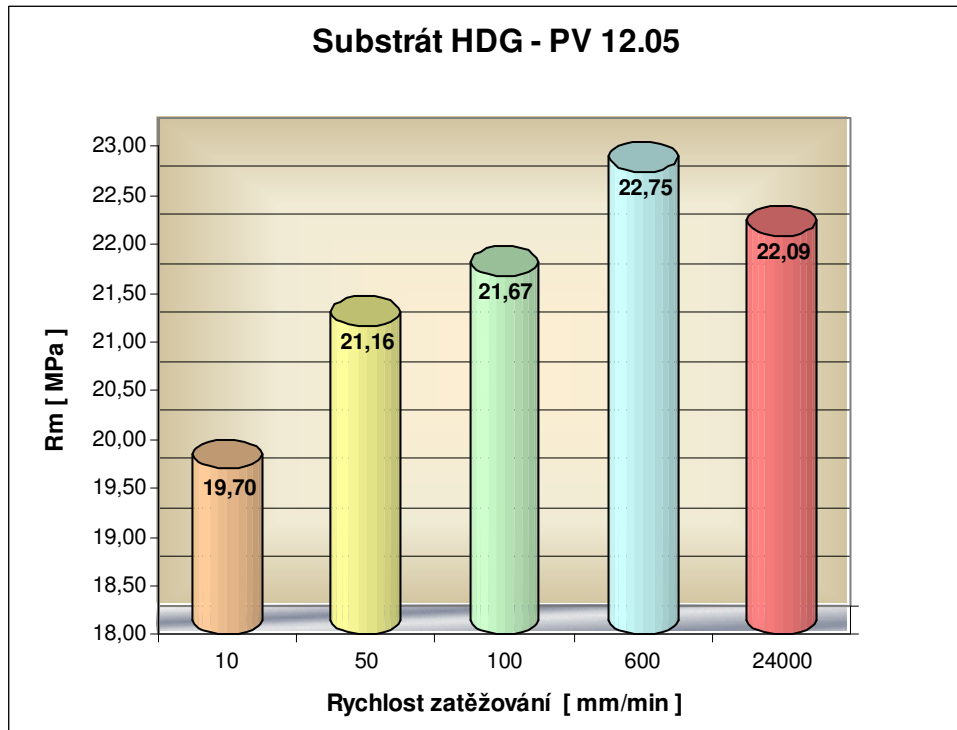
Substrát	Rychlost zatěžování				
	10 [mm/min]	50 [mm/min]	100 [mm/min]	600 [mm/min]	24000 [mm/min]
CRS	19,27 ± 0,27	20,02 ± 0,65	20,24 ± 0,63	21,28 ± 0,29	21,95 ± 0,14
EG+PH	20,33 ± 0,55	21,22 ± 0,19	21,68 ± 0,35	22,60 ± 0,36	22,81 ± 0,24
HDG	19,70 ± 0,71	21,16 ± 0,59	21,67 ± 0,46	22,75 ± 0,50	22,09 ± 0,28



Obr. 4.1: Průběh pevnosti ve smyku v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát CRS



Obr. 4.2: Průběh pevnosti ve smyku v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát EG+PH



Obr. 4.3: Průběh pevnosti ve smyku v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát HDG

Největší pevnost ve smyku pro všechny použité rychlosti vykazuje substrát EG+PH. Pouze při rychlosti 600mm/min je hodnota smykové pevnosti substrátu EG+PH nižší než u substrátu HDG, řádově však srovnatelná. Při rychlosti 10mm/min byla pevnost ve smyku u tohoto substrátu 20,33MPa. Hodnota pevnosti ve smyku se s rostoucí rychlostí zatěžování postupně zvyšovala (obr. 4.2), až při rychlosti 24000mm/min dosáhla velikosti 22,81MPa. Substrát EG+PH měřením prokázal největší pevnost ve smyku ze všech měřených substrátů.

Nejnižší hodnoty smykové pevnosti byly naměřeny pro všechny používané rychlosti u substrátu CRS. Při rychlosti 10mm/min dosáhl velikosti 19,27MPa a při nejvyšší použité rychlosti zatěžování 24000mm/min byla naměřena velikost 21,95MPa (obr. 4.1).

U substrátu HDG byly naměřeny hodnoty smykové pevnosti pro všechny rychlosti (mimo rychlosti 600mm/min viz obr. 4.3) velikostně mezi oběma zbylými substráty EG+PH a CRS. Naopak pro nejvyšší použitou rychlost došlo ke snížení velikosti smykové pevnosti. Rozdíly jsou však v řádech směrodatných odchylek jednotlivých měření. Řádově jsou hodnoty téměř stejné.

Obecně lze říci, že s rostoucí rychlostí zatěžování dochází ke zvyšování pevnosti ve smyku. Lze předpokládat, že tento trend bude platit i pro vyšší rychlosti měření, než které byly použity pro popisovaný experiment.

Pevnost v odlupování metodou ISO 11339

Tab. 4.2: Střední odlupovací pevnost P_s (N/mm)

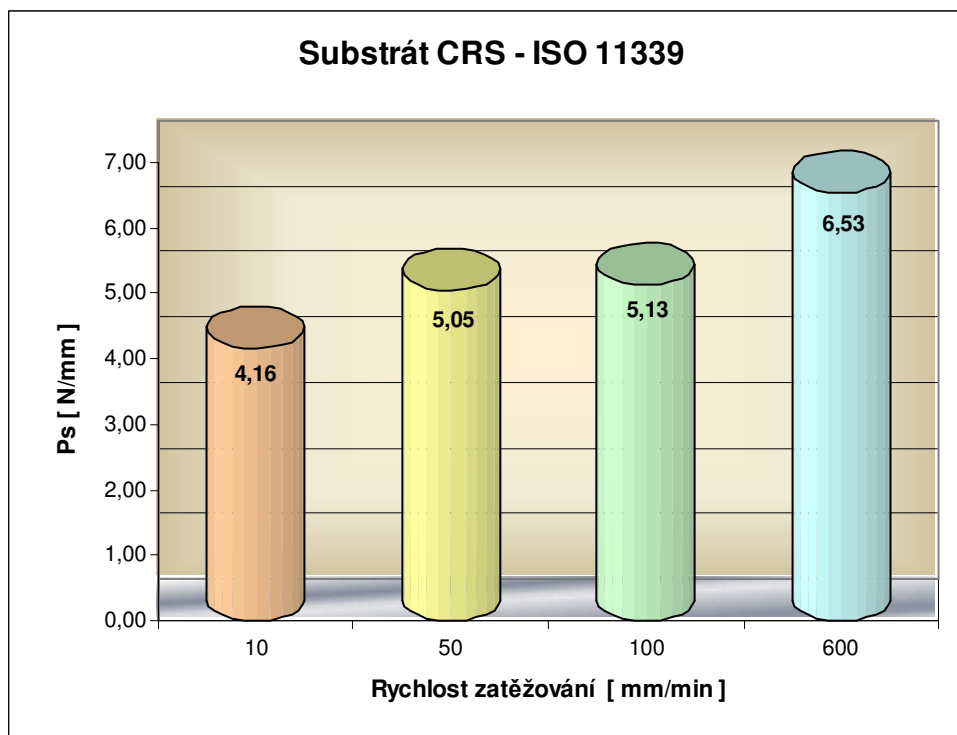
Substrát	Rychlost zatěžování				
	10 [mm/min]	50 [mm/min]	100 [mm/min]	600 [mm/min]	24000 [mm/min]
CRS	4,16 ± 0,91	5,05 ± 0,37	5,13 ± 0,40	6,53 ± 0,83	x
EG+PH	7,10 ± 0,17	7,76 ± 0,74	7,13 ± 1,09	10,67 ± 0,76	x
HDG	9,16 ± 0,45	8,75 ± 0,39	9,53 ± 0,53	11,77 ± 0,17	3,24 ± 0,29

x - Pro rychlost 24 000mm/min bylo použito speciální zařízení viz obr. 3.6 s použitím tenzometrické měřicí hlavy o rozsahu 0 až 20kN. Střední odlupovací tlak P_s při rychlosti 24 000mm/min u substrátů CRS a EG+PH byl však tak nízký, že jej nebylo možné s daným zařízením změřit. Hodnoty proto označeny **x**, (platí i pro ostatní tabulky).

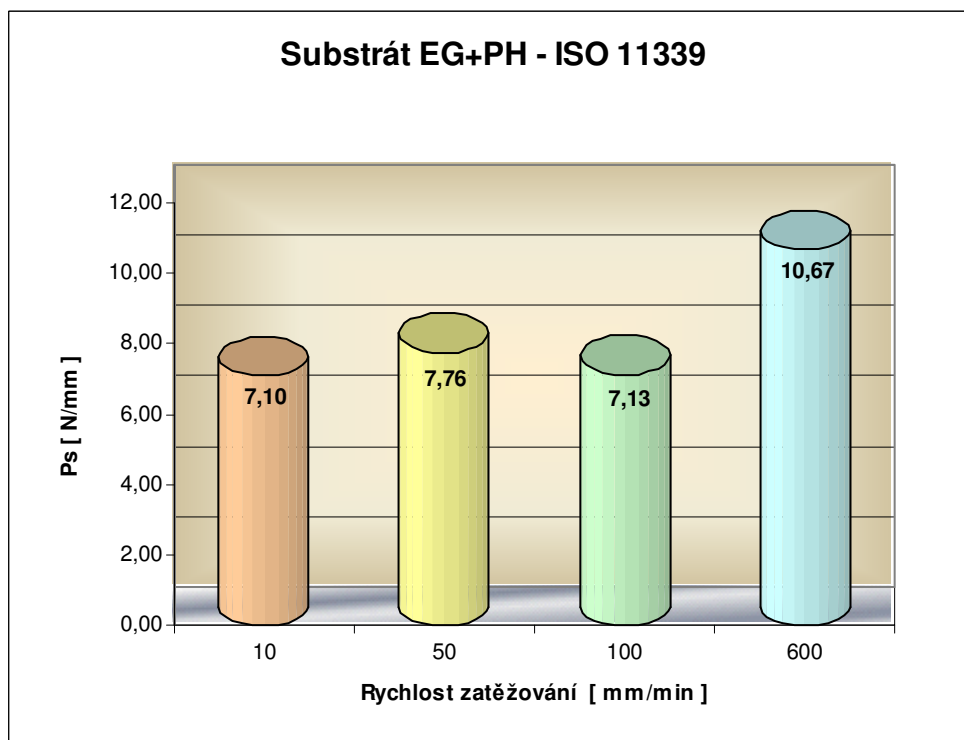


Tab. 4.3: Maximální síla F_{max} (N)

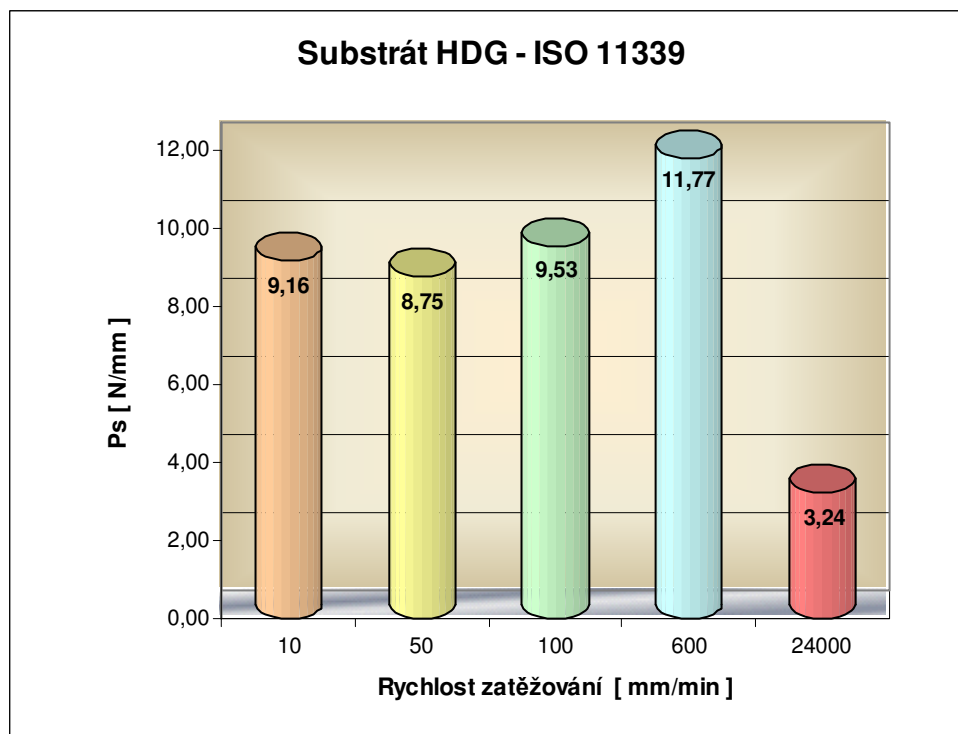
Substrát	Rychlost zatěžování				
	10 [mm/min]	50 [mm/min]	100 [mm/min]	600 [mm/min]	24000 [mm/min]
CRS	682,60±38,77	780,80±102,91	691,60±75,38	610,40±143,56	x
EG+PH	805,30±140,68	833,30±116,98	788,50±93,90	605,10±213,23	x
HDG	818,00±137,98	998,30±253,32	1084,70±148,47	832,60±105,53	538,40±118,12



Obr. 4.4: Střední odlupovací tlak lepených spojů v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát CRS



Obr. 4.5: Střední odlupovací tlak lepených spojů v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát EG+PH



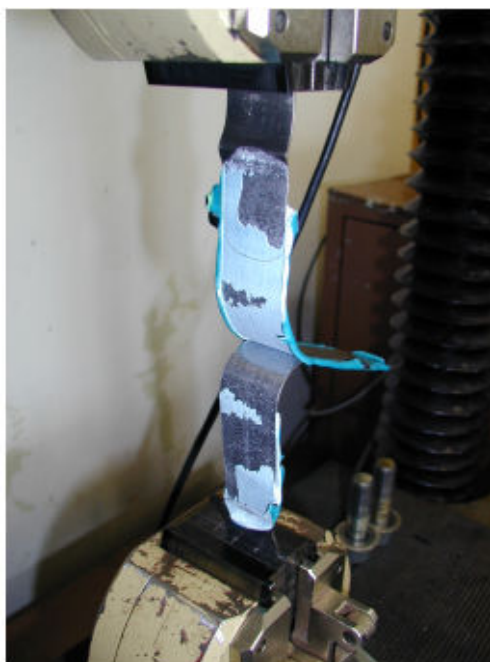
Obr. 4.6: Střední odlupovací tlak lepených spojů v závislosti na rychlosti zatěžování, substrát HDG

Největšího středního odlupovacího tlaku bylo jednoznačně dosaženo u substrátu HDG. Nejmenších hodnot pak u substrátu CRS. Pro rychlosti 24000mm/min. bylo dosahováno tak nízkých hodnot odlupovacích sil (vzhledem k rozsahu měřicí hlavy), že výsledky nebylo možné použít, zpracovat a zahrnout do celkového hodnocení. Pouze pro substrát HDG bylo možné získané výsledky použít.

Z hlediska rychlosti zatěžování nelze učinit jednoznačné závěry. Na velikost středního odlupovacího tlaku mají vliv především typ porušení (kapitola 4.2), mechanické hodnoty jednotlivých použitých substrátů a úhel odlupování, který není konstantní během zkoušek. Nelze tedy pro námi zvolené rychlosti říci, zda rychlost má za následek zvyšování, nebo snižování pevnosti v odlupu.

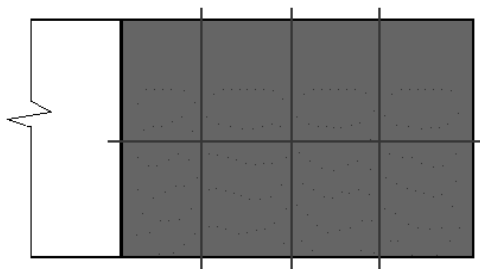
4.2 TYP PORUŠENÍ [11]

Vyhodnocování typu porušení je provedeno podle normy ČSN ISO 10365. Typ porušení byl stanoven na základě pozorování pouhým okem. Na obr. 4.7 je příklad typu porušení lepeného spoje při odlupování u substrátu CRS.



Obr. 4.7: Porušení lepeného spoje při odlupování

Při porušení lepeného spoje se vzorek rozdělil na dvě části. Hodnoceny jsou obě. Plochu jsem rozdělil rastrem na 8 shodných oblastí. Rastr je naznačen na obrázku 4.8. Vyhodnocení druhu porušení proběhlo v každé takto vzniklé oblasti zvlášť. Výsledné hodnoty jsou určeny aritmetickým průměrem dílčích hodnot. Získané výsledky jsou uvedeny v tab. 4.4 a tab. 4.5.



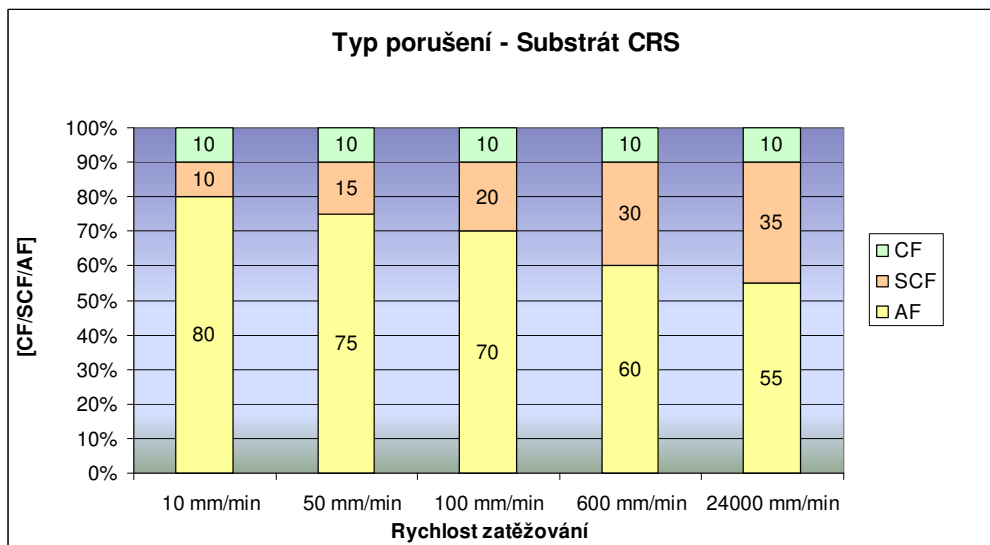
Obr. 4.8: Rozdělení porušené plochy rastrem

V tab. 4.4 a grafech na obr. 4.9 až obr. 4.11 jsou uvedeny výsledky jednotlivých druhů porušení lepených spojů při zkoušce ve smyku dle PV 12.05 při zkoušených rychlostech.

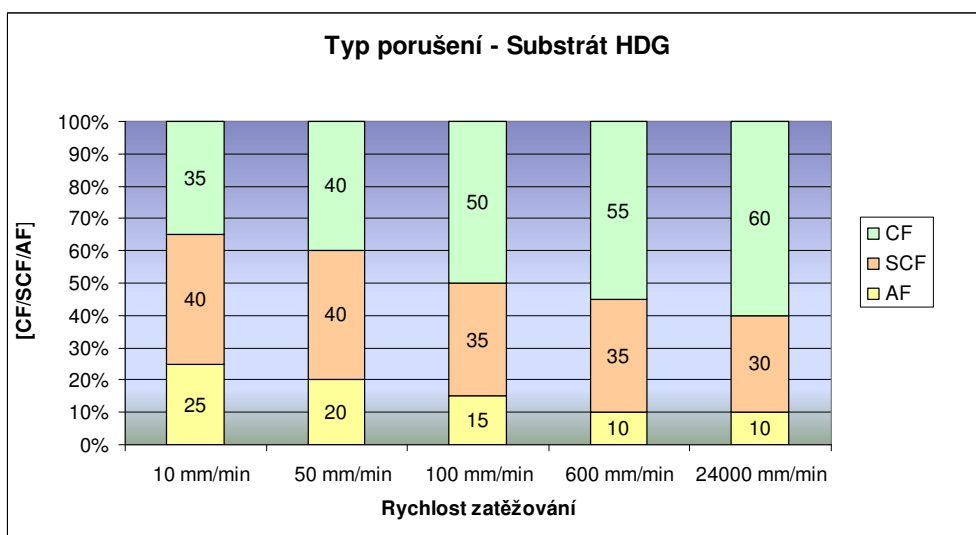
Tab. 4.4: Druhy porušení lepených spojů PV 12.05

Substrát	Rychlost zatěžování														
	10 [mm/min]			50 [mm/min]			100 [mm/min]			600 [mm/min]			24000 [mm/min]		
	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF
CRS	10	10	80	10	15	75	10	20	70	10	30	60	10	35	55
HDG	35	40	25	40	40	20	50	35	15	55	35	10	60	30	10
EG+PH	40	45	15	45	45	10	50	40	10	55	35	10	65	30	5

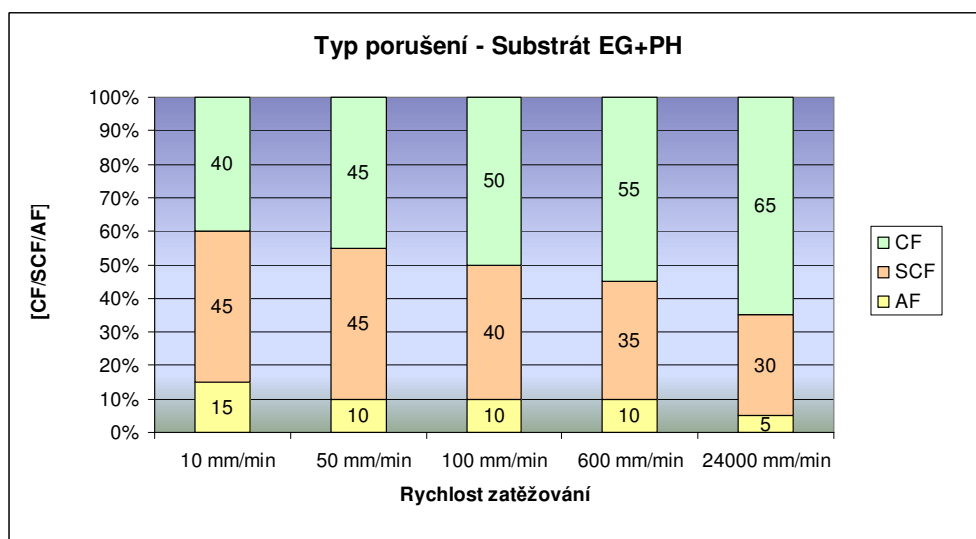
Hodnoty jsou udávány v %.



Obr. 4.9: Graf porušení po zkoušce smykem se substrátem CRS



Obr. 4.10: Graf porušení po zkoušce smykem se substrátem HDG



Obr. 4.11: Graf porušení po zkoušce smykem se substrátem EG+PH

Z hlediska typu porušení při zkoušce smykové pevnosti vychází nejhůře substrát CRS, u kterého bylo dosahováno až 80% adhezního porušení (v praxi se obecně připouští 10ti procentní množství adhezního porušení). Nejlépe z hlediska porušení vychází substrát EG+PH, kde adhezní porušení nepřesáhlo hodnoty 15%.

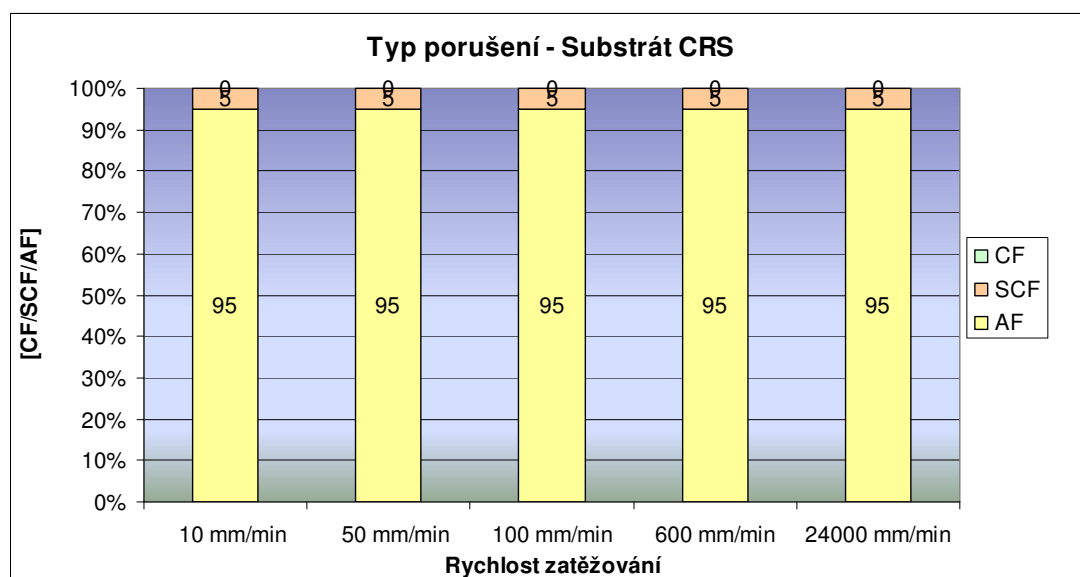
Z hlediska použité rychlosti je zřejmé, že s rostoucí rychlostí klesá podíl adhezního porušení a stoupá kohezní typ porušení na vzorku.

V tab. 4.5 a grafech na obr. 4.12, 4.14 a 4.16 jsou uvedeny výsledky jednotlivých druhů porušení lepených spojů při zkoušce v odlupování dle normy ISO 11339 při zkoušených rychlostech.

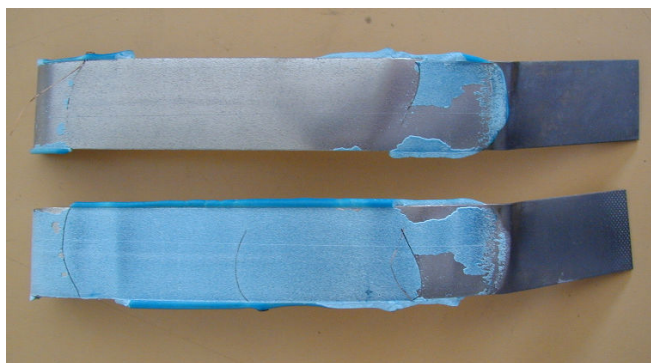
Tab. 4.5: Druhy porušení lepených spojů- ISO 11339

Substrát	Rychlost zatěžování														
	10 [mm/min]			50 [mm/min]			100 [mm/min]			600 [mm/min]			24000 [mm/min]		
	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF	CF	SCF	AF
CRS	0	5	95	0	5	95	0	5	95	0	5	95	0	5	95
HDG	45	45	10	45	50	5	40	60	0	40	60	0	30	70	0
EG+PH	30	60	10	30	60	10	30	60	10	60	30	10	65	30	5

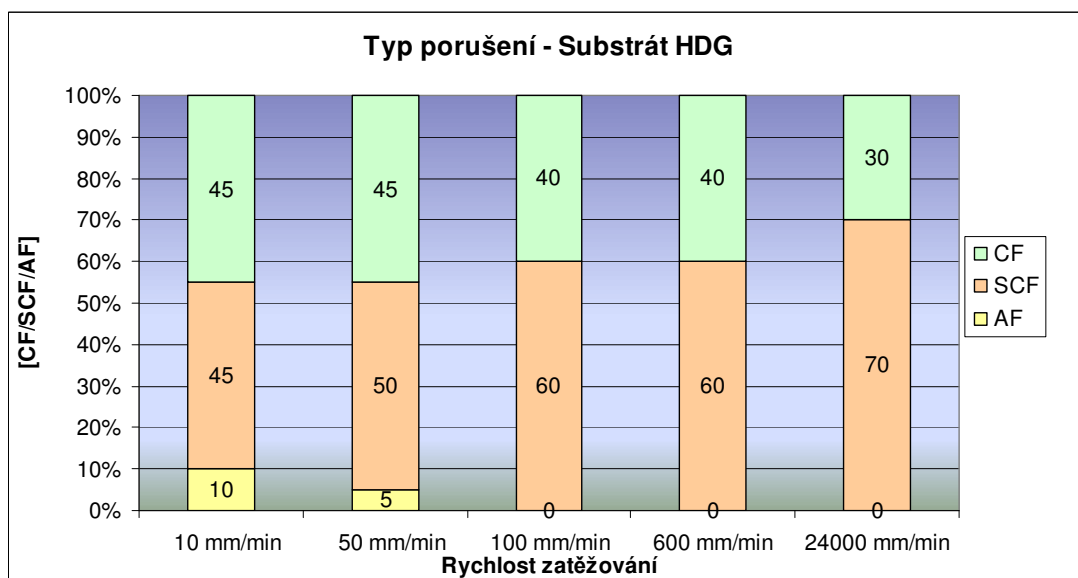
Hodnoty jsou udávány v %.



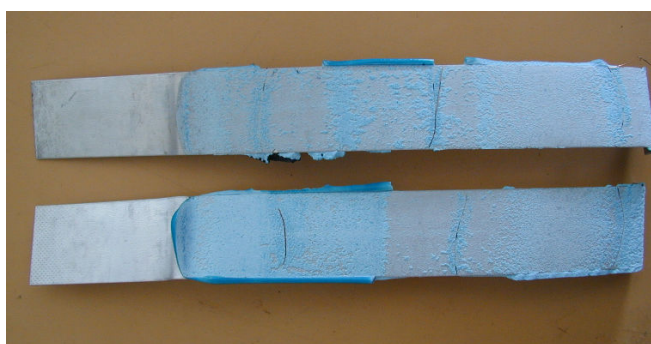
Obr. 4.12: Graf porušení po zkoušce v odlupování se substrátem CRS



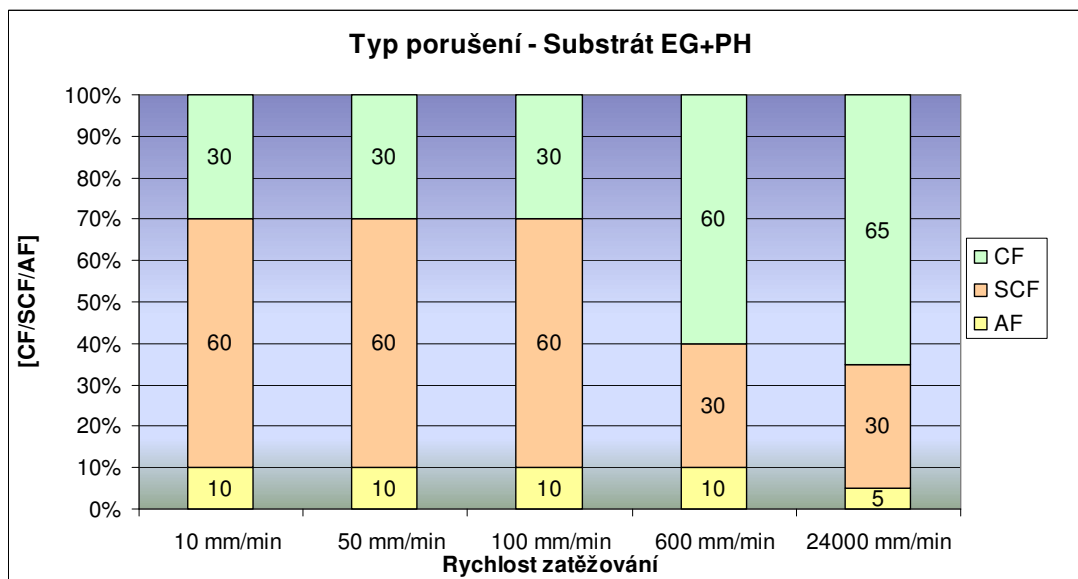
Obr. 4.13: Vzorek substrátu CRS po zkoušce v odlupování



Obr. 4.14: Graf porušení po zkoušce v odlupování se substrátem HDG



Obr. 4.15: Vzorek substrátu HDG po zkoušce v odlupování



Obr. 4.16: Graf porušení po zkoušce v odlupování se substrátem EG+PH



Obr. 4.17: Vzorek substrátu EG+PH po zkoušce v odlupování

Při zkoušce v odlupu dle ISO 11339 byl opět, z hlediska typu porušení, jako nejhůře hodnocen substrát CRS. Hodnoty adhezního porušení pro tento substrát jsou na rychlosti zcela nezávislé a dosahují hodnot 95% (obr. 4.12). Tento výsledek není pro lepidlo příznivý, protože takovéto porušení spoju by v praxi nemělo nastat. (obr. 4.13)

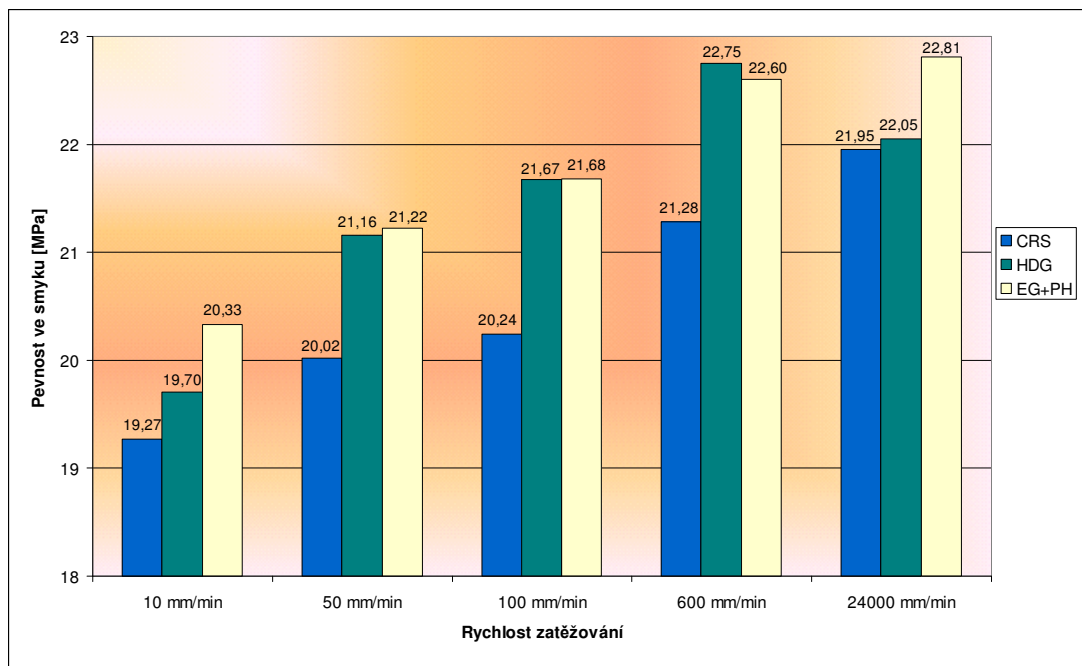
Oproti substrátu CRS substrát HDG vykazuje malé procento adhezního porušení (AF) (obr. 4.15), a to pouze u rychlosti 10mm/min, kde je procentuálně zastoupen 10% a u rychlosti 50mm/min, kde je zastoupen 5%. Při vyšších rychlostech se adhezní porušení (AF) již nevyskytuje. Dále je z obr. 4.14 patrné, že s rostoucí rychlostí stoupá porušení typu SCF ze 45% na 70% a klesá porušení typu CF, kde ze 45% kleslo procentuální zastoupení až na 30%.



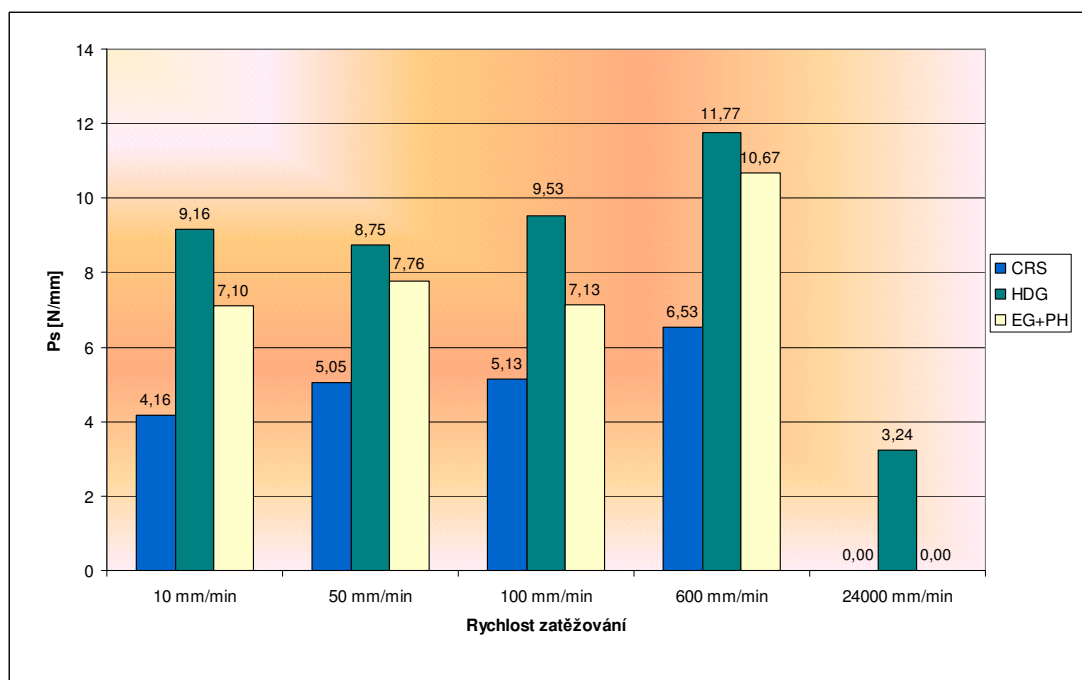
Na obr. 4.16 (substrát EG+PH) je patrné, že rychlosti 10mm/min, 50mm/min a 100mm/min mají totožné typy porušení. Adhezivní porušení (AF) je zastoupeno 10%, porušení typu SCF je 60% a porušení typu CF je zastoupeno 30%. Při rychlosti 600mm/min klesla hodnota porušení typu SCF na 30% a naopak stoupl porušení typu CF na 60%. To odpovídá i jejich hodnotám pevnosti v odlupu. Adhezivní porušení (AF) je zastoupeno 10% (obr. 4.17). Při rychlosti 24000mm/min stoupl porušení typu CF z 60% na 65% a to na úkor adhezivního porušení (AF), které naopak kleslo z 10% na 5%.

5 HODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Získané jednotlivé výsledky byly zaznamenány komplexně do níže uvedených grafů, kde je přehledně možné pozorovat vliv rychlosti zatěžování na vlastnosti lepeného spoje. Viz grafy na obr. 5.1 a obr. 5.2.



Obr. 5.1: Průběhy pevnostních zkoušek lepených spojů ve smyku v závislosti na rychlosti zatěžování



Obr. 5.2: Střední odlupovací tlak lepených spojů v závislosti na rychlosti zatěžování

Zkoušky lepeného spoje dle normy PV 12.05 při různých rychlostech prokázaly výraznou závislost smykové pevností lepeného spoje na rychlosti zatěžování. Z grafu na obr. 5.1 vyplývá, že s rostoucí rychlostí zatěžování stoupá pevnost ve smyku u lepených spojů a to průměrně o 2MPa u všech měřených substrátů (CRS, HDG, EG+PH). Největší pevnost ve smyku vykazoval substrát EG+PH.

U zkoušek střední odlupovací pevnosti lepeného spoje v závislosti na rychlosti zatěžování, dle normy ISO 11339, je patrné, že vliv rychlosti zatěžování je ovlivněn dalšími podmínkami, jako např. mechanické vlastnosti substrátů, měnící se úhel odlupování, povrch substrátu apod. a proto vliv rychlosti nelze jednoznačně definovat obecnou závislostí (obr. 5.2).

Z hlediska typu porušení je patrná jednoznačná závislost typu porušení na rychlosti zatěžování slepenců. Obecně lze říci, že s rostoucí rychlostí zatěžování klesá procentuální podíl nejhoršího typu porušení – adhezního porušení. Tento trend je jednoznačný u zkoušky ve smyku dle PV 12.05. U zkoušek v odlupu dle ISO 11339 tento jev není již tak výrazný.

Největší procentuální zastoupení kohezního druhu porušení (CF) ze substrátů CRS, HDG a EG+PH (a to u obou typů zkoušek) bylo u substrátu EG+PH. Měřením bylo prokázáno, že substrát EG+PH má při rychlosti 24000mm/min největší zastoupení kohezního porušení. Lze tedy říci, že substrát EG+PH je nejvýhodnější z hlediska druhu porušení. Nejméně výhodný je substrát CRS, který vykazoval až 95% adhezní porušení (AF). Tento výsledek není pro lepidlo příznivý, protože takovéto porušení spojů by v žádném případě nemělo nastat. Proto je tento typ substrátu nejméně vhodný pro lepený spoj ze všech posuzovaných substrátů.

Obecně platí, že pro lepený spoj je výhodnější kohezní druh porušení (CF), tj. porušení uvnitř lepidla. Adhezní druh porušení (AF) je pro lepený spoj nevhodný, jelikož tento druh porušení svědčí o nedokonalosti přilnutí lepidla k povrchu substrátu. [12]

6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo vyhodnotit vliv rychlosti zatěžování na pevnost lepeného spoje v rozmezí od 10mm/min do 24 000mm/min. Při měření byla vyhodnocována pevnost ve smyku lepeného spoje dle normy PV 12.05 a pevnost v odlupu lepeného spoje dle normy ISO 11339. Pro obě uvedené zkoušky byl též hodnocen typ porušení lepeného spoje dle ČSN ISO 10365. Při tvorbě lepeného spoje bylo využito lepidlo Betamate 1493. Použito bylo mazivo ANTICORIT PL 3802-39LV.

Výsledky experimentu prokázaly u zkoušek smykové pevnosti výraznou závislost mezi smykovou pevností lepeného spoje a rychlosti zatěžování. Největší pevnost ve smyku vykazoval substrát EG+PH. Nejhorších výsledků dosáhl substrát CRS. Prokázalo se, že s rostoucí rychlostí zatěžování stoupá pevnost ve smyku u lepených spojů a to průměrně o 2MPa u všech měřených substrátů (CRS, HDG, EG+PH).

U zkoušek v odlupu dle ISO 11339 nelze vliv rychlosti zatěžování jednoznačně hodnotit, neboť do procesu zkoušení vstupuje velmi mnoho faktorů, které výsledky ovlivňují. Největší střední odlupovací pevnosti bylo dosaženo u substrátu HDG a nejhorších výsledků bylo dosaženo u substrátu CRS.

Největší procentuální zastoupení kohezního druhu porušení (CF) ze substrátů CRS, HDG a EG+PH (a to u obou typů zkoušek) bylo u substrátu EG+PH. Nejméně vhodný je substrát CRS, který vykazoval až 95% adhezního porušení (AF). Tento výsledek není pro lepidlo příznivý. Tento typ substrátu je nejméně vhodný pro lepený spoj ze všech posuzovaných substrátů.

Obecně platí, že pro lepený spoj je výhodnější kohezní druh porušení (CF), tj. porušení uvnitř lepidla. Adhezní druh porušení (AF) je pro lepený spoj nevhodný, jelikož tento druh porušení svědčí o nedokonalosti přilnutí lepidla k povrchu substrátu. [12]

Z uvedených závěrů je jednoznačné, že není možné provádět zkoušky měření při různých rychlostech, ale je naprosto správné doporučení



předepsané normami pro zkoušení. Při dodržení předepsaných rychlostí je možné získané výsledky porovnávat a činit příslušné závěry. Při použití odlišných rychlostí měření není možné výsledky odpovídajících zkoušek porovnávat mezi sebou.

Pro komplexní hodnocení vlivu rychlosti zatěžování na pevnost lepených spojů bych doporučoval provést další měření s rozsahem použitých rychlostí, odpovídající např. až hodnotám rychlostí zkoušek bariérových. Po takovémto měření a vyhodnocení bude možné učinit jednoznačné závěry vhodné nejen pro laboratorní zkoušení, ale také pro praxi.



SEZNAM LITERATURY

- [1] OSTEN, M.: *Práce s lepidly a tmely*. Praha: SNTL Praha, 1986. 285 s.
- [2] DEJL, Z.: *Konstrukce strojů a zařízení I.* Ostrava: MONTANEX a.s. Ostrava, 2000. 225 s. ISBN 80-7225-018-3.
- [3] KŘÍŽ, R.; VÁVRA, P.: *Strojírenská příručka*. Praha: SCIENTA, spol. s r.o. Praha, 1994. Svazek 5, 241 s. ISBN 80-85827-59-X.
- [4] FISCHER, U.: *Základy strojínictví*. Praha, EUROPA-SOBOTÁLES cz. Praha, 2004. 290 s. ISBN 80-86706-09-5.
- [5] KOVAČIČ, L.: *Lepenie kovov a plastov*. SNTL. Praha 1980. 389 s.
- [6] PETERKA, J.: *Lepení konstrukčních materiálů ve strojírenství*. SNTL. Praha, 1980. 778 s.
- [7] MÜLLER, M.: *Vliv tloušťky lepené vrstvy na pevnost lepených spojů*. Tématický magazín, Svařování – dělení – spojování materiálů. TM vydavatelství. Praha 5/2003. 24 s., ISSN 1212 – 40444.
- [8] MÜLLER, M.; BROŽEK, M.: *Technologie lepení – mechanická úprava lepeného povrchu*. Tématický magazín, Svařování – dělení – spojování materiálů, TM vydavatelství, Praha 2/2004. 56-57 s., ISSN 1212 - 4044.
- [9] ČADA, O.: *Gumárenský bulletin plastikářský*. Praha: ČSVTS Praha, 1985. 89 s.
- [10] Technický informační list. www.fch.vutbr.cz (březen 2007)
- [11] ČSN ISO 10365 - Označení hlavních typů porušení lepeného spoje. ČNI, Praha, 1995.
- [12] HROBSKÝ, D.: *Vliv parametrů vytvrzování na pevnost lepeného spoje při lepení karosářských plechů*. (Diplomová práce) Liberec 2005, TU Liberec
- [13] Technický informační list. www.simr.se. (březen 2007)
- [14] Technický informační list. www.fuchs-oil.cz. (březen 2007)
- [15] PV 12.05 - Bestimmung der Zugscherfestigkeit für Bördelnaht und Strukturklebstoffe, Volkswagen AG, 2003.
- [16] ČSN EN ISO 11339 - Lepidla - T-zkouška v odlupování slepů z ohebných adherendů. ČNI, Praha, 2005.



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Pevnost ve smyku při zatěžování v tahu PV 12.05

Příloha 2: Pevnost v odlupu lepeného spoje dle normy ISO 11339

Příloha 3: Lepidlo Betamate 1493

Příloha 4: Materiálový list maziva ANTICORIT PL 3802 - 39LV

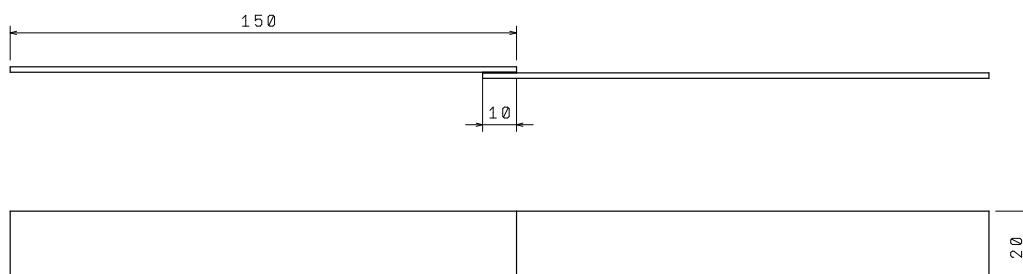
Příloha 5: Protokoly zkoušek smykové pevnosti v tahu dle PV 12.05

Příloha 6: Protokoly odlupovacích zkoušek dle normy ISO 11339

PEVNOST VE SMYKU PŘI ZATĚŽOVÁNÍ V TAHU DLE NORMY PV 12.05

Pevností ve smyku se rozumí největší zatížení vztažené na jednotku lepené plochy, při kterém nastane porušení spoje. Hlavní směr namáhajících sil je rovnoběžný s podélnou osou vzorku.

Podstatou zkoušky je namáhání lepeného spoje ve smyku statickým tahem ve směru podélné osy až do porušení vzorku. Toto je nejčastěji používaná zkouška k hodnocení pevnosti lepeného spoje. Ve smykové pevnosti podle této zkoušky je současně zahrnuto namáhání ohybovým momentem vzniklým přesazením obou plechů, což odpovídá skutečnému namáhání spoje v provozu. Tvar a rozměry zkušebních těles jsou znázorněny na obrázku.



Tvar zkušebních vzorků dle PV 12.05

Pevnost ve smyku se udává v MPa . Pevnost ve smyku se vypočítá podle následujícího vztahu:

$$Rm = \frac{F_{\max}}{S} \quad (1)$$

kde

Rm	- pevnost ve smyku $[MPa]$
F_{\max}	- maximální síla $[N]$
S	- plocha lepeného spoje $[mm^2]$

Střední hodnota smykové pevnosti \bar{x} je vypočtena podle vztahu (2).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (2)$$

kde: \bar{x} je aritmetický průměr smykové pevnosti,
 n je počet měření ($n = 5$),
 x_i je měřená hodnota každého zkušebního vzorku

Ke každému průměru je dopočítána směrodatná odchylka s podle vztahu (3).

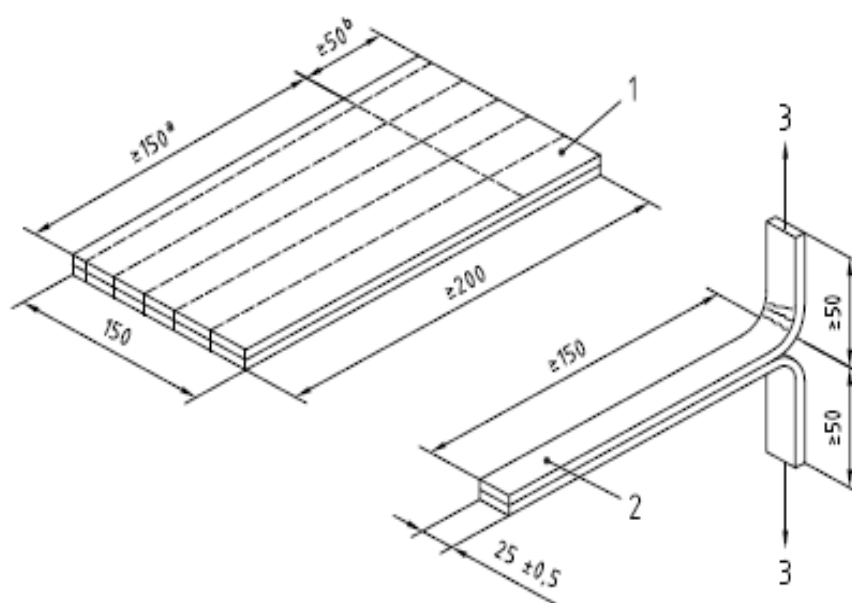
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} \quad (3)$$

kde: x_i je měřená hodnota každého zkušebního vzorku
 \bar{x} je aritmetický průměr
 n je počet měření

PEVNOST V ODLUPU LEPENÉHO SPOJE DLE NORMY ISO 11339

Pevností v odlupování se rozumí síla potřebná k porušení lepeného spoje, připadající na jednotku šířky zkušební vzorku.

Výsledky zkoušky jsou ovlivněny tuhostí substrátu. Během zkoušky se může měnit i odlupovací úhel. Podstatou zkoušky je namáhání zkušební tělesa statickým tahem ve směru kolmém na lepenou plochu, aby došlo k postupnému oddělení (odlupování) slepených ploch. Tvar, rozměry zkušební vzorku a směr působící síly jsou znázorněny na obrázku



zkušební vzorek pro stanovení pevnosti lepených spojů v odlupování



Dow Automotive

Technical Datasheet

BETAMATE 1493

Description / Application:

BETAMATE 1493 is a pasty warm applicable, structural adhesive. This product was specially developed in order to fulfil the body in white specifications: adhesion on oily sheet metal, treated aluminium and different plastic. Weldability and the compatibility regarding phosphating and E-Coat treatment are excellent. After the curing step in the E-Coat oven **BETAMATE 1493** shows a high strength and an excellent corrosion resistance.

BETAMATE 1493 can be extruded in bead form and punctually onto oily substrates. Typical fields of application are all areas of structural bonding, especially hem flange bonding where **impact toughness** is an issue.

BETAMATE 1493 is the ideal adhesive to replace weld point or laser welded seam.

The mentioned data are typical measured values.

All Dow Automotive products are primarily developed in co-ordination with the automobile manufacturers, according to their needs and their specifications; they are approved for the specific applications as defined by the customer.

The use of the product other than approved application have to be released in writing by the Technical Service of Dow Automotive.

Technical Data:

Basis epoxy resins

Colour blue

Density (23 °C) 1.17 g/ml +/- 0.03

Solid Contents > 99%

Viscosity (cone/plate) 4000 Pas (23 °C, 1s-1)

700 Pas (40 °C, 1s-1)

Flash Point > 150 °C

Curing Condition 180 °C/30 min

Tensile Strength (EN ISO 527-1) 40 MPa

Elongation at Break (EN ISO 527-1) 14.7 %

E-Modulus (EN ISO 527-1) 1'800 MPa

Lap Shear Strength (EN 1465)

(25 x 10 x 0.2 mm)

CRS St 1203 0.75 mm

CRS St 1203 1.5 mm

18.7 MPa

29.2 MPa

T-Peel (CRS St 1203, 0.5 mm) 4 N/mm

Impact Peel (ISO 11343) 30 N/mm

Resistance to Chemicals Very good

Bonding Surface Preparation The material has been designed to tolerate some degree of surface oil contamination. Large excess of oil however, must be wiped away before application of adhesive. Certain oils are incompatible with adhesive and must be avoided. Aluminium must be treated.

Application Tool Cartridges: hand-operated or pneumatic heated gun with mechanical piston

Drums, pails: commercial heated pumping system with connection to automatic applicator, if required.

Cleaning Uncured material can be removed with BETACLEAN 3510

Containers 200 litre drums (re-usable pails with PE-liner)

Pails: 25, 45 kg (re-usable pails with PE-liner)

Cartridges: 300 ml

Shelf life 3 month after delivery at room temperature (see date printed on container)

Security precaution Bulk Exotherm: Thermal analysis shows that the material starts to react when heated to 80°C or above. If the material is held in bulk the reaction is accompanied by a rapid buildup of exothermal heat. To avoid the risk of this bulk exotherm, containers of the material should in no circumstances be heated by means of localized hightemperature heat sources - e.g. hot plates or simple drum heaters. If heating a bulk quantity of the material is considered necessary, advice should be sought.

Application and processing:

Out of drums or pails:

The adhesives are preferably processed with a heated pump system directly out of the supplied container. Special attention should be paid to the possibility to heat separately all different parts of the application system. The temperature of the follower plate should not exceed 40°C, lower temperature should also be avoided to ensure air will not be trapped in to the system during pumping. By drum change the temperature of the adhesive should reach the operating temperature of the follower plate before purging or pumping. The suggested temperature at the nozzle is 60°C. For higher temperature contact our technical service department. At 60°C the adhesive show his best rheological behaviour and the best adhesion to oily steel. The temperature between follower plate and nozzle should be as low as possible to prevent aging (min. 40°C) and high enough to reach the required temperature at the nozzle. In case of line stop - longer breaks e.g. night, weekend, holiday - the heating of the entire system should be switched off to prevent aging of the material. By restart the operating temperature must be restored. Aging curve to set up a soot down program are available from our technical service department.

Out of cartridge:

For application a pneumatic gun is recommended. The cartridge has to be stored at least half an hour at 60°C before Application. Longer or repeated storage at higher temperature will age the material.

Safety advice

The adhesive resins are generally quite harmless to handle provided that certain precautions normally taken when handling chemicals are observed. The uncured materials must not, for instance, be allowed to come into contact with foodstuffs or food utensils, and measures should also be taken to prevent the uncured materials, from coming into contact with skin, since people with particularly sensitive skins may be affected. The wearing of impervious rubber or plastic gloves will normally be necessary; likewise the use of eye protection. The skin should be thoroughly cleansed at the end of each working period by washing with soap and warm water. The use of solvents is to be avoided. Disposable paper - not cloth towels - should be used to dry the skin. Adequate ventilation of the working area is recommended. For further and more detailed precaution measures see the Health and Safety Data Sheet.

Bezpečnostní list

dle směrnice ES čis. 96/54, § 14 GefStoffV, TRGS 220 a dle vyhlášky č. 27/1999 Sb.

Datum tisku: 20.06.2000

přepřacováno: 01.06.2000

1 Identifikační údaje

Údaje o produktu:

- **Obchodní název:** ANTICORIT PL 3802 - 39 LV
- **Výrobce / dodavatel:**
FUCHS OIL CORPORATION (CZ), spol. s r.o.
Lažanského 1081
149 00 PRAHA 4 - Chodov
Tel.: +420 2 - 67 91 24 64 Fax: +420 2 - 793 37 91 Mobil: +420 603 - 89 99 00
- **Informační oddělení:**
FUCHS OIL CORPORATION (CZ), spol. s r.o.
Opuštěná 4, 602 00 BRNO
Technické oddělení
Tel.: +420 5 - 4316 3234 Fax: +420 5 - 4316 3235
- **Hotline:** Tel.: +420 2 - 2491 5402 a +420 2 - 2491 9293 (Toxikologické informační středisko Praha)

2 Složení přípravku / údaje o složkách

- **Chemická charakteristika**
- **Popis:** Přípravek je vyroben z vysoce rafinovaných ropných olejů a přísad.
Obsah nebezpečných látek: odpadá.

3 Možná rizika

- **Označení nebezpečnosti:**
Při dodržení běžných bezpečnostních předpisů pro zacházení s ropnými a chemickými produkty, jakož i pokynů pro manipulaci (bod 7) a při vybavení osobními ochrannými pomůckami (bod 8), žádná zvláštní nebezpečí nejsou známa.
- **Zvláštní pokyny pro ochranu osob a životního prostředí:**
Produkt je látka ohrožující vodu, viz údaje WGK.
- **Klasifikační systém:**
Klasifikace odpovídá aktuálním seznamům ES, je však doplněna o údaje z odborné literatury a o poznatky firmy.
Vychází z použití tzv. konvenční metody hodnocení nebezpečných látek dle GefStoffV Anh. II Nr. 1, 1.3.2 na základě specifických údajů složek.

4 Pokyny pro první pomoc

Všeobecné pokyny:

Produktem nasáklé nebo znečištěné ošacení a obuv vyměnit.
Produktem nasáklé čistící hadry nestrkat do kapes pracovního oděvu.

- **Při vdechnutí:**
Zajistit přísun čerstvého vzduchu, při potížích vyhledat lékařskou pomoc (může k tomu dojít vdechnutím par přehřátého produktu).
- **Při styku s pokožkou:** Umýt vodou a mýdlem. Všeobecně produkt nedráždí pokožku.
- **Při zasažení očí:** Oči s otevřenými víčky několik minut vymývat tekoucí vodou.
- **Při požití:** Při déletrvajících potížích konzultovat s lékařem.

5 Opatření pro likvidaci požáru

- **Vhodné hasicí prostředky:**

CO₂, hasicí prášek nebo postřik vodou. Větší požár hasit proudem vody nebo pěnou odolnou vůči alkoholu.
Opatření při hašení požáru přizpůsobit okolí.

- **Z bezpečnostních důvodů nevhodné hasicí prostředky:** prudký proud vody.

- **Speciální ochranné vybavení při hašení:** nezávislý dýchací přístroj

6 **Opatření při náhodném úniku:**

- **Ochranná opatření týkající se ohrožených osob:**

Při úniku/vylití produktu vzniká nebezpečí uklouznutí.

- **Opatření pro ochranu životního prostředí:**

Zabránit vniknutí do kanalizace, povrchových a spodních vod.

Zabránit plošnému rozšíření (například přehrazením nebo izolací olejovou zábranou).

Zabránit vniku do půdy.

- **Postup při čištění / odstranění:**

Odstranění pomocí materiálu, který váže kapaliny, jako je písek, křemelina, prostředek, který váže kyseliny, univerzální nasávkový prostředek (například RENOLEX) nebo dřevěné piliny.

Použitý materiál likvidovat podle příslušných předpisů.

- **Další pokyny:** Nedochází k uvolňování nebezpečných látek.

7 **Manipulace a skladování**

- **Manipulace:**

- **Pokyny pro bezpečné zacházení:** Zabránit tvorbě aerosolů.

- **Pokyny pro zabránění požáru a exploze:** Nezahřívát na teploty blízké bodu vzplanutí.

- **Skladování:**

- **Požadavky na skladovací prostory a nádoby:** Nejsou žádné zvláštní požadavky.

- **Pokyny pro společné skladování:** Skladovat odděleně od potravin.

- **Další údaje k podmínkám skladování:**

Je nutné dodržet vodohospodářské předpisy a nařízení týkající se zařízení pro manipulaci s látkami ohrožujícími vodu.

- **Třída nebezpečnosti pro skladování:**

- **Hořlavost:** odpadá.

8 **Omezení expozice a osobní ochranné vybavení**

- **Další údaje k formě technických zařízení:** žádné další údaje, viz bod 7.

Mezní hodnoty složek látky, které musejí být ve vztahu k pracovnímu prostředí kontrolovány:

- Číslo CAS Označení látky % druh hodnota jednotka

Produkt jako takový neobsahuje žádná relevantní množství látek se sledovanými mezními hodnotami.

- **Doplňující údaje:** Podkladem byly platné výrobní receptury.

- **Osobní ochranné vybavení:**

- **Všeobecná ochranná a hygienická opatření:**

Je nutné v každém případě dodržovat běžná bezpečnostní opatření pro zacházení s ropnými produkty, případně s chemikáliemi.

Zabránit delšímu a intenzivnímu kontaktu s pokožkou.

Pokožku preventivně chránit ochranným krémem.

Produktem nasáklé čisticí hadry neponechávat v kapsách pracovního oděvu.

- **Ochrana proti vdechnutí:** Nevyžaduje se.

- **Ochrana pokožky rukou:** Ochranné rukavice nebo ochranný krém.

- **Ochrana očí:** Při doplňování se doporučují ochranné brýle.

- **Ochrana těla:** Ochranný pracovní oděv.

9 **Fyzikální a chemické vlastnosti**

- **Skupenství:** tekutina

- **Barva:** hnědá

• Zápach:	charakteristický			
•		Hodnota/rozsah	Jednotka	Metoda
• Změna stavu				
• Bod tuhnutí / tání / rozsah teploty tání:		není stanoveno		
• Bod varu / rozsah teplot varu:		neužívá se		
• Bod vzplanutí:		150	°C	ISO 2592
• Teplota rozkladu:		není stanoveno		
• Samovznititelnost:		není samovznititelný		
• Nebezpečí výbuchu:		není výbušný		
• Hustota: při 15 °C		890	kg/m ³	DIN 51 757
• Rozpustnost v / mísitelnost s				
•	voda:	není, případně málo mísitelný		
• Viskozita nebo třída konzistence:				
•	kinematická: při 40 °C	15	mm ² /s	DIN 51 562

10 **Stabilita a reaktivita**

- **Tepelný rozklad / nutno zabránit podmínkám:** Při odborné manipulaci k rozkladu nedochází.
- **Nebezpečné reakce:** Žádné nebezpečné reakce nejsou známy.
- **Nebezpečné produkty rozkladu:** Nejsou známy žádné nebezpečné produkty rozkladu.

11 **Toxikologické údaje**

- **Akutní toxicita:**
- **Primární dráždivé účinky:**
- **pokožka:** Dráždivé účinky nejsou známy.
- **oči:** Dráždivé účinky nejsou známy.
- **senzibilizace:** Žádné senzibilizující účinky nejsou známy.
- **Dodatečné toxikologické pokyny:**

Dle poslední verze výpočtové metody Všeobecné směrnice ES pro zařazování produktů nevyplývá povinnost tento produkt označovat.

Při odborném zacházení a dodržení stanoveného způsobu použití tento produkt dle našich zkušeností a dostupných informací nemá škodlivé účinky na zdraví.

12 **Ekologické údaje**

- **Chování v životním prostředí:**
- **Mobilita a bioakumulativní potenciál:** Žádné dostupné údaje k dispozici.
- **Ekotoxické účinky:**
- **Chování v čistících zařízeních:** Produkt vyplave na hladinu vody / odpadní vody.
- **Všeobecné pokyny:**

2. třída látek ohrožujících vodu (zařazení dle konceptu VCI): ohrožuje vodu.

Zabránit vniknutí do spodních vod, vodních toků nebo kanalizace.

13 **Pokyny pro likvidaci**

- **Produkt:**
- **Doporučení:**

I malá množství musejí být likvidována dle příslušných předpisů.

Musí být likvidováno v souladu s předpisy o odpadech jako použitý olej nebo znovu zpracováno.

Dodržet nařízení o odpadních a zbytkových látkách. Při skladování použitých produktů dodržovat zákaz míchání. Podkladem pro likvidaci je zákon o odpadech a jejich recyklaci.

Likvidace odpadů zahrnuje jejich zhodnocení nebo likvidaci, přičemž jejich zhodnocení je přednostní.

Podrobné informace o likvidaci a kontrole řeší zákonná nařízení (zákon a navazující vyhlášky).

Spojte se prosím s firmou oprávněnou k likvidaci odpadů.

Číslo kódu odpadu / možnost přiřazení k:

- (musí být odsouhlaseno s likvidátorem odpadu, například dle původu)

54109

Označení: *Vrtné, řezné a brusné emulze*

Pokyny pro likvidaci: *Chemicko fyzikální zpracování*

Spalování zvláštních odpadů

EWC: **12 01 07**

Znečištěné obaly:

- **Doporučení:**

Kontaminované obaly je nutno vyprázdnit. Prázdné vratné obaly mohou být dány po odpovídajícím vyčištění znovu do oběhu. Malé nevratné obaly musejí být likvidovány v souladu s právními předpisy (nařízení o obalech).

14 Údaje o přepravě

Pozemní doprava ADR/RID a GGVS/GGVE (mezinárodní/vnitrostátní):

- **Třída ADR/RID-GGVS/E:**
- **Lodní námořní doprava IMDG/GGVSee:** -
- **Třída IMDG/GGVSee:**
- **Letecká doprava ICAO-TI a IATA-DGR:** -
- **Třída ICAO/IATA:**
- **Přeprava/další údaje:** Dle přepravních předpisů -
se nejedná o nebezpečnou látku.

15 Předpisy

Označení dle směrnic ES:

Musejí být dodržena běžná bezpečnostní opatření pro manipulaci s ropnými produkty, případně s chemikáliemi. Podle směrnic ES/GefStoffV včetně 25. ATP a dle zákona ČR č. 157/98 Sb. není povinností produkt označovat.

- **Národní předpisy:**
- **Třída nebezpečnosti ohrožení vod:** WGK 2 (zařazení dle konceptu VCI): látka ohrožující vodu.

16 Ostatní údaje:

Veškeré obsažené látky jsou uvedeny v seznamu Evropského označení látek a smějí být v ES provozovány v dopravě. Veškeré údaje se opírají o současný stav našich znalostí. Mají popisovat produkt po bezpečnostně-technické stránce, neposkytují však žádné záruky úplnosti vlastností

(například způsobu technického použití) a nezakládají s tím spojenou právní zodpovědnost.

Tento list je List bezpečnostních údajů dle § 14 GefStoffV a odpovídá vyhlášce ČR č. 27/99 Sb.

U produktů, u kterých není povinnost označení, je toto vystaveno dobrovolně.

Je vyhotoveno dle TRGS 220, opírá se o EDV a není podepsáno.

Listinu vystavující útvar:

- FUCHS OIL CORPORATION (CZ), spol. s r.o.
Opuštěná 4, 602 00 BRNO
Technické oddělení Tel.: +420 5 - 4316 3234 Fax: +420 5 - 4316 3235

Platnost:

Vydáním tohoto Bezpečnostního listu pozbývají všechny předchozí, týkající se tohoto produktu, platnosti.

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

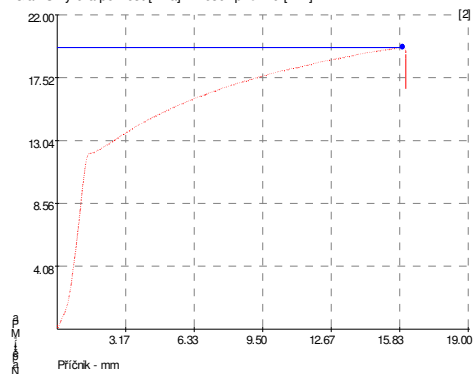
Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 10 mm/min
 Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodléva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	19.00
2	19.66
3	19.11
4	19.43
5	19.14
x	19.27
s	0.27

Typ porušení [%]	CF	10
SCF	10	
AF	80	

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

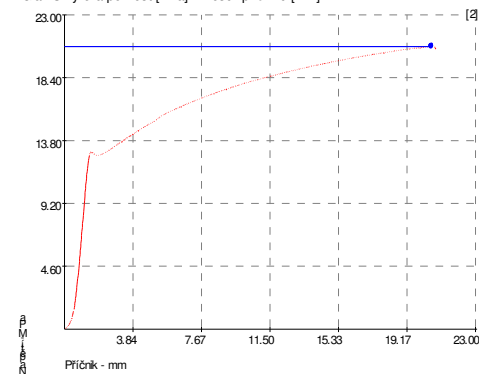
Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 50 mm/min
 Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodléva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	19.93
2	20.67
3	20.55
4	19.02
5	19.93
x	20.02
s	0.65

Typ porušení [%]	CF	10
SCF	15	
AF	75	

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 100 mm/min

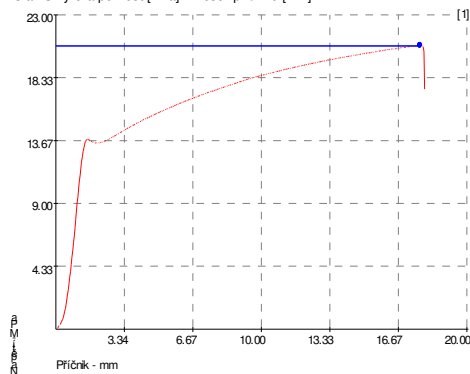
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	20.70
2	19.81
3	19.79
4	19.78
5	21.12
x	20.24
s	0.63

Typ porušení [%]	CF	10
SCF	20	
AF	70	

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 600mm/min

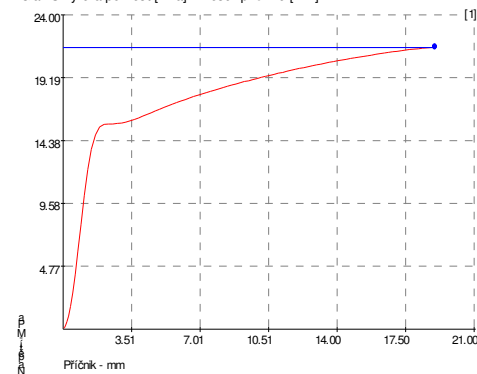
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	21.51
2	21.65
3	21.05
4	21.01
5	21.16
x	21.28
s	0.29

Typ porušení [%]	CF	10
SCF	30	
AF	60	

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 400mm/s

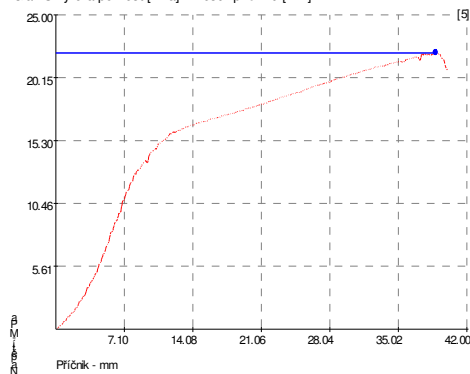
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování při 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	21.86
2	21.83
3	21.85
4	22.14
5	22.05
x	21.95
s	0.14

Typ porušení	CF
[%]	SCF
	AF

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 10 mm/min

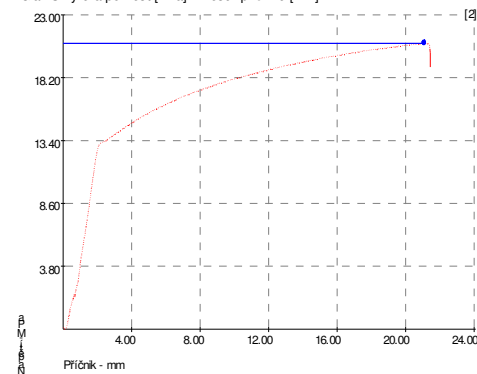
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	19.68
2	20.82
3	20.62
4	19.78
5	20.75
x	20.33
s	0.55

Typ porušení	CF
[%]	SCF
	AF

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 50 mm/min

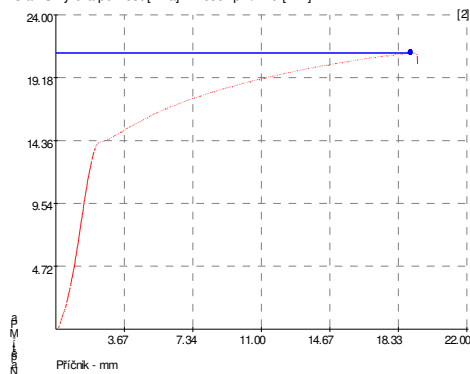
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	R _m MPa
1	21.34
2	21.07
3	21.32
4	20.96
5	21.39
x	21.22
s	0.19

Typ porušení	CF	45
[%]	SCF	45
	AF	10

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 100 mm/min

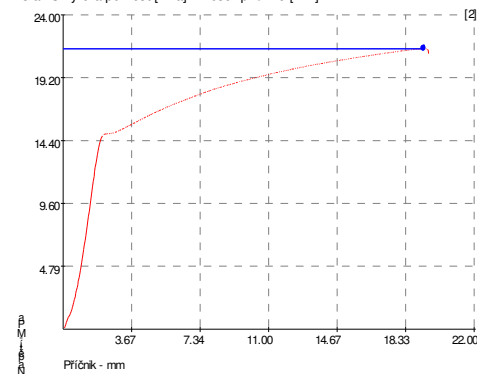
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	R _m MPa
1	21.26
2	21.40
3	22.08
4	21.72
5	21.94
x	21.68
s	0.35

Typ porušení	CF	50
[%]	SCF	40
	AF	10

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 600mm/min

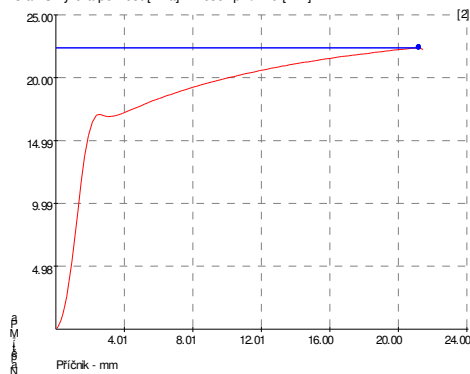
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	22.60
2	22.37
3	22.15
4	22.83
5	23.06
x	22.60
s	0.36

Typ porušení	CF	55
[%]	SCF	35
	AF	10

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 400mm/s

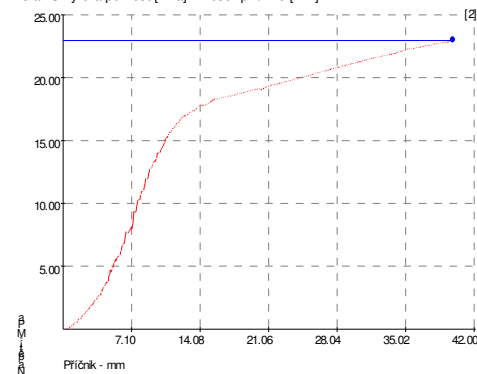
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	22.49
2	22.97
3	22.97
4	22.61
5	23.01
x	22.81
s	0.24

Typ porušení	CF	65
[%]	SCF	30
	AF	5

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

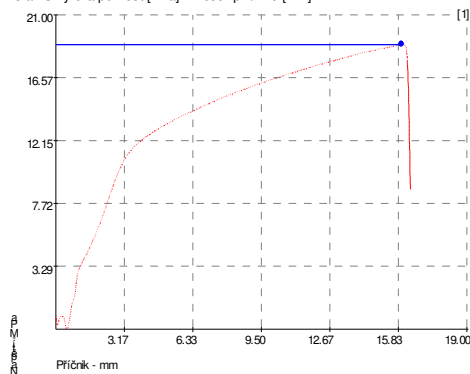
Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 10 mm/min
 Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	18.89
2	19.16
3	19.68
4	20.64
5	20.12
x	19.70
s	0.71

Typ porušení [%]	CF SCF AF	35 40 25
------------------------	-----------------	----------------

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

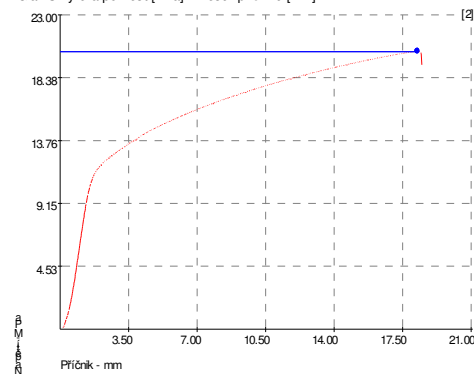
Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 50 mm/min
 Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	21.50
2	20.30
3	21.82
4	21.28
5	20.92
x	21.16
s	0.59

Typ porušení [%]	CF SCF AF	40 40 20
------------------------	-----------------	----------------

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 100 mm/min

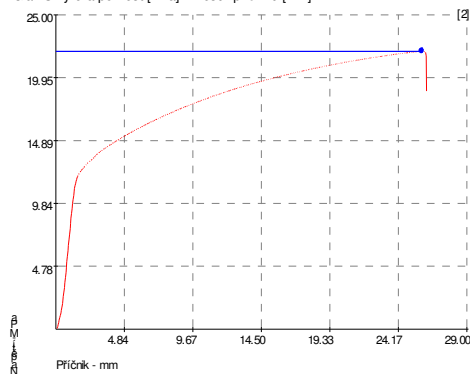
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	21.39
2	22.05
3	21.99
4	21.93
5	20.99
x	21.67
s	0.46

Typ porušení	CF	50
[%]	SCF	35
	AF	15

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 600mm/min

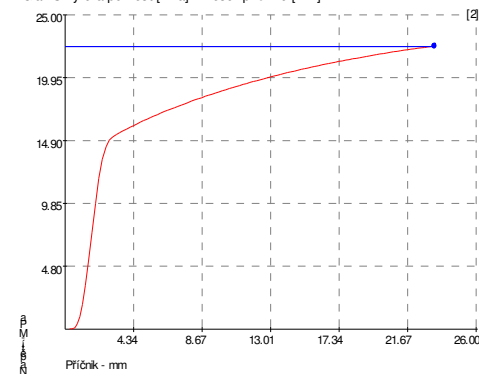
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Rm MPa
1	23.48
2	22.46
3	23.02
4	22.57
5	22.22
x	22.75
s	0.50

Typ porušení	CF	55
[%]	SCF	35
	AF	10

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Smyková pevnost - zkouška tahem dle PV 12.05

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m²
Testovaný substrát : HDG
Rychlost posuvu : 400mm/s

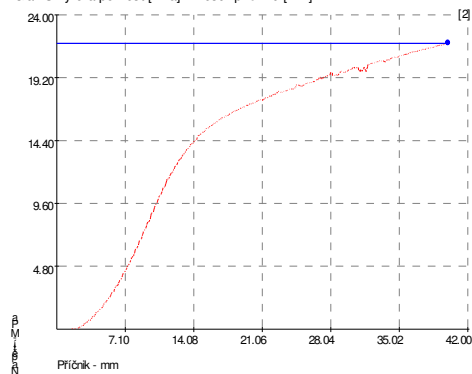
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	R _m MPa
1	22.03
2	21.82
3	21.87
4	22.48
5	22.26
x	22.09
s	0.28

Typ porušení	CF 60 SCF 30 AF 10
[%]	

Graf: Smyková pevnost [MPa] – Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m2
Testovaný substrát : CRS
Rychlost posuvu : 10 mm/min

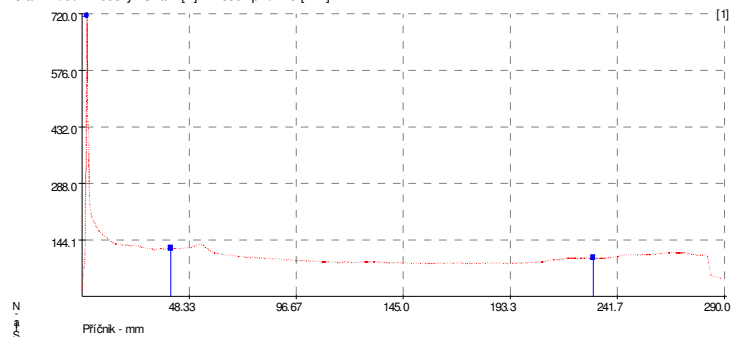
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	713.9	3.78
2	694.6	3.50
3	639.2	5.20
x	682.6	4.16
s	38.77	0.91

Typ porušení [%]	CF 0 SCF 5 AF 95
---------------------	------------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m2
Testovaný substrát : CRS
Rychlost posuvu : 50 mm/min

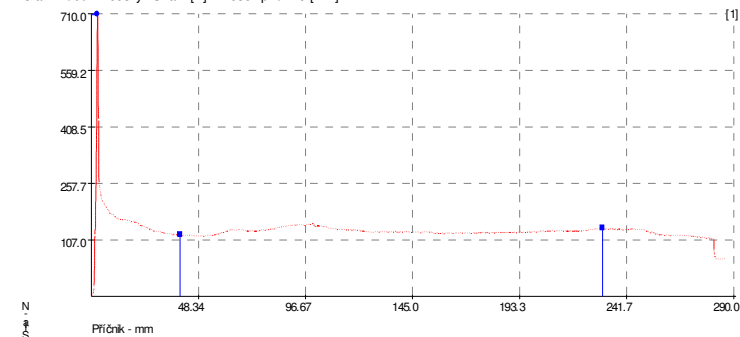
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	708.6	5.24
2	746.2	4.89
3	917.4	4.90
4	674.2	4.63
5	857.8	5.59
x	780.8	5.05
s	102.91	0.37

Typ porušení [%]	CF 0 SCF 5 AF 95
---------------------	------------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m2
Testovaný substrát : CRS
Rychlost posuvu : 100 mm/min

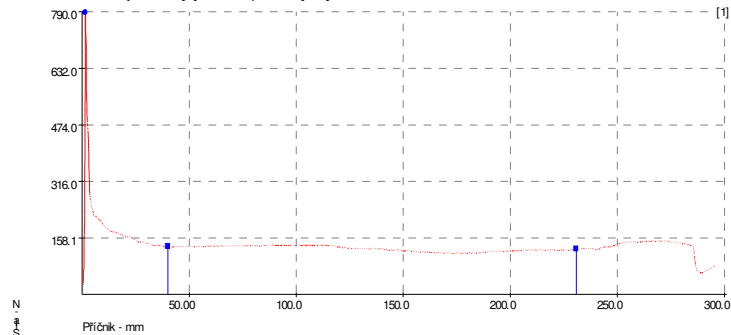
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	786.6	5.14
2	743.3	4.77
3	592.8	5.80
4	660.3	4.90
5	674.8	5.02
x	691.6	5.13
s	75.38	0.40

Typ porušení [%]	CF 0 SCF 5 AF 95
---------------------	------------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m2
Testovaný substrát : CRS
Rychlost posuvu : 600mm/min

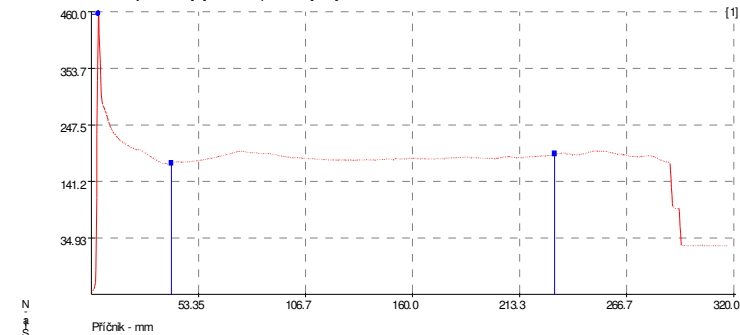
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	455.7	7.44
2	669.1	7.05
3	783.5	5.44
4	466.8	5.92
5	677.2	6.83
x	610.4	6.53
s	143.56	0.83

Typ porušení [%]	CF 0 SCF 5 AF 95
---------------------	------------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : CRS
 Rychlost posuvu : 400mm/s

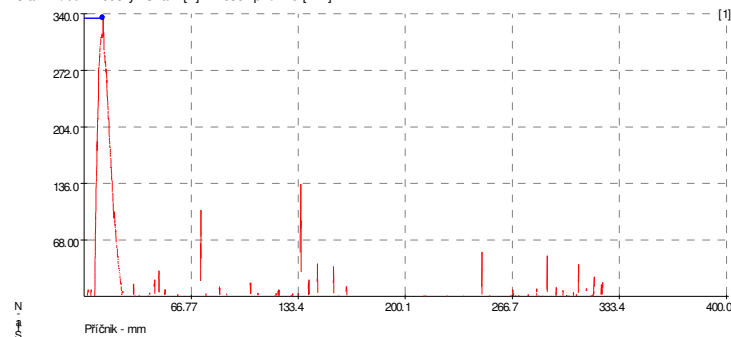
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	-----	-----
2	-----	-----
3	-----	-----
4	-----	-----
5	-----	-----
x	-----	-----
s	-----	-----

Typ porušení [%]	CF SCF	0 5 AF 95
---------------------	-----------	-----------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 10 mm/min

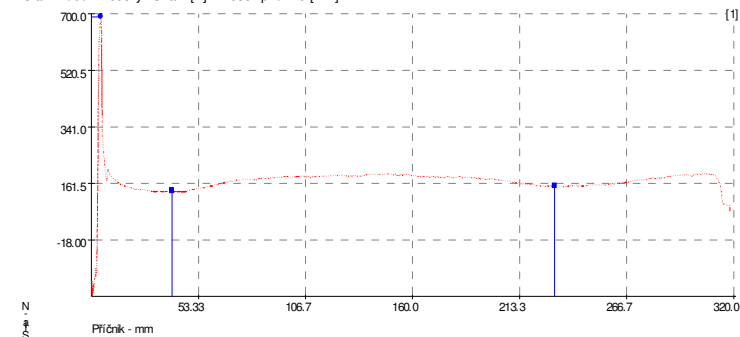
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	690.3	6.98
2	962.2	7.29
3	763.6	7.03
x	805.3	7.10
s	140.68	0.17

Typ porušení [%]	CF SCF	30 60 AF 10
---------------------	-----------	-------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 50 mm/min

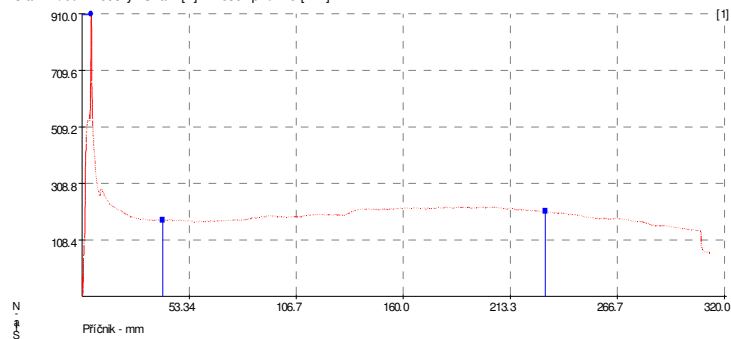
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytváření 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	F _{max} N	P _s N/mm
1	907.9	8.13
2	686.7	7.52
3	833.7	8.85
4	981.1	7.31
5	756.9	6.97
x	833.3	7.76
s	116.98	0.74

Typ porušení [%]	CF SCF	30 60 AF 10
---------------------	-----------	-------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 100 mm/min

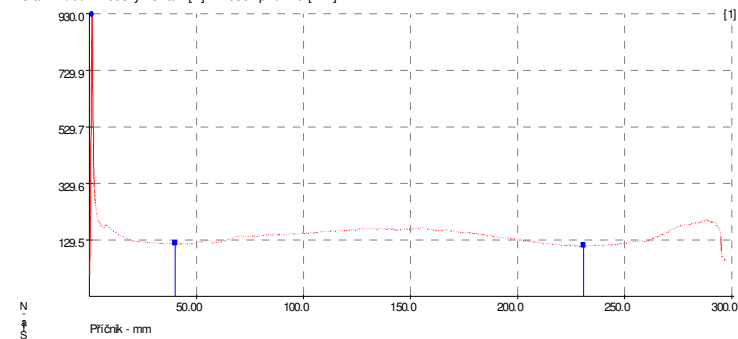
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytváření 180 °C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	F _{max} N	P _s N/mm
1	926.2	5.82
2	730.6	6.51
3	723.8	8.01
4	846.6	8.47
5	715.1	6.82
x	788.5	7.13
s	93.90	1.09

Typ porušení [%]	CF SCF	30 60 AF 10
---------------------	-----------	-------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 600mm/min

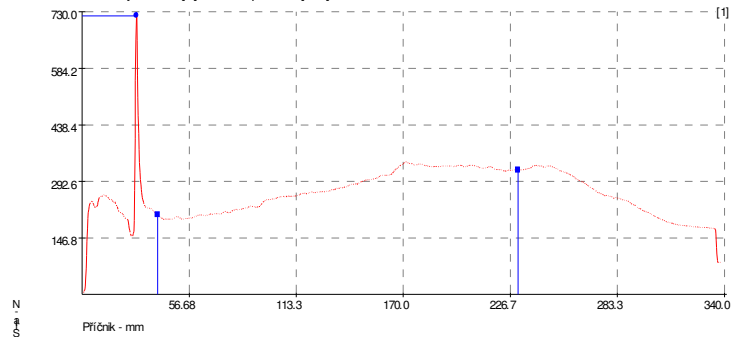
Příprava vzorků : Nanášení maziva, 1 hodina prodleva, nanášení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytváření 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	257.7	10.99
2	747.0	9.46
3	736.4	10.85
4	744.8	11.50
5	539.6	10.53
x	605.1	10.67
s	213.23	0.76

Typ porušení [%]	CF SCF30 AF	60 10
---------------------	-------------------	----------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m²
 Testovaný substrát : EG+PH
 Rychlost posuvu : 400mm/s

Příprava vzorků : Nanášení maziva, 1 hodina prodleva, nanášení lepidla a slepení vzorků,
 1 hodina prodleva, vytváření 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	-----	-----
2	-----	-----
3	-----	-----
4	-----	-----
5	-----	-----
x	-----	-----
s	-----	-----

Typ porušení [%]	CF SCF30 AF	65 5
---------------------	-------------------	---------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 10 mm/min

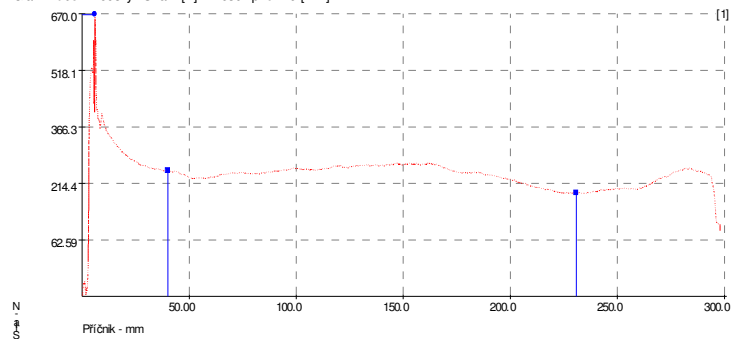
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodléva, nanesení lepidla a stěpení vzorků,
 1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	667.6	9.69
2	847.5	8.89
3	938.8	8.91
x	818.0	9.16
s	137.98	0.45

Typ porušení [%]	CF SCF	45 AF
		10

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
 Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
 Množství maziva : 3 g/m2
 Testovaný substrát : HDG
 Rychlost posuvu : 50 mm/min

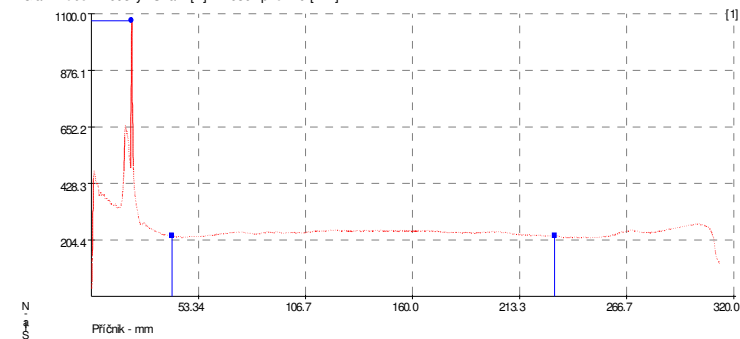
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodléva, nanesení lepidla a stěpení vzorků,
 1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	980.6	9.33
2	780.0	8.77
3	897.0	8.79
4	1433.1	8.26
5	901.1	8.58
x	998.3	8.75
s	253.32	0.39

Typ porušení [%]	CF SCF	45 AF
		5

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
 Katedra strojírenské technologie
 Oddělení tváření kovů a plastů
 Háalkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

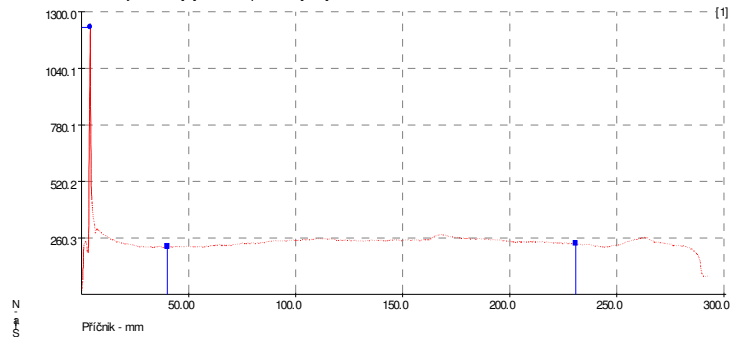
Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m²
Testovaný substrát : HDG
Rychlost posuvu : 100 mm/min
Příprava vzorků : Nanese ní maziva, 1 hodina prodléva, nanese ní lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	F _{max} N	P _s N/mm
1	1228.2	9.81
2	905.2	9.89
3	1164.1	10.03
4	1181.7	8.90
5	944.6	9.01
x	1084.7	9.53
s	148.47	0.53

Typ porušení [%]	CF SCF60 AF10	40
---------------------	---------------------	----

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Hájkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

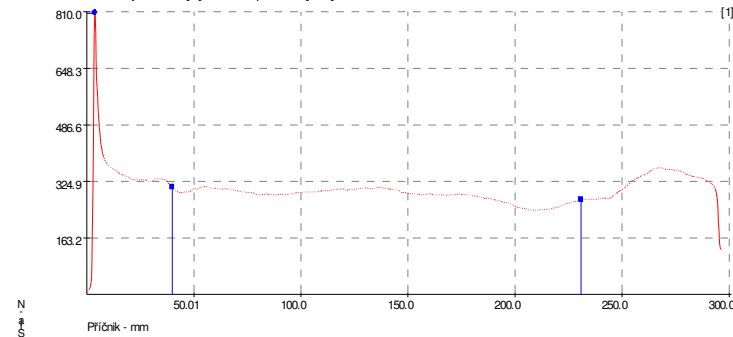
Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m²
Testovaný substrát : HDG
Rychlost posuvu : 600 mm/min
Příprava vzorků : Nanese ní maziva, 1 hodina prodléva, nanese ní lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodléva, vytvrzování 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	F _{max} N	P _s N/mm
1	805.9	11.47
2	978.6	11.83
3	899.9	11.85
4	756.4	11.83
5	722.2	11.88
x	832.6	11.77
s	105.53	0.17

Typ porušení [%]	CF SCF60 AF10	40
---------------------	---------------------	----

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčniku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Hájkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Odlupovací zkouška dle ISO 11339

Vstupní hodnoty

Testované lepidlo : Betamate 1493
Testované mazivo : Anticorit PL 3802-39LV
Množství maziva : 3 g/m²
Testovaný substrát : HDG
Rychlost posuvu : 400mm/s

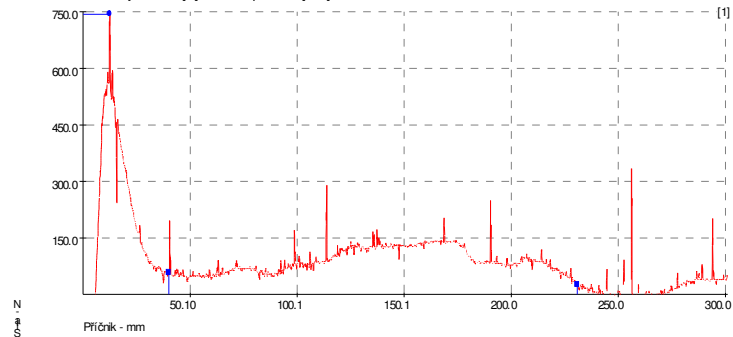
Příprava vzorků : Nanesení maziva, 1 hodina prodleva, nanesení lepidla a slepení vzorků,
1 hodina prodleva, vytvázení 180°C 20 min.

Výstupní hodnoty

Zkouška	Fmax N	Ps N/mm
1	743.5	3.69
2	509.4	2.89
3	487.1	3.26
4	440.7	3.15
5	511.3	3.19
x	538.4	3.24
s	118.12	0.29

Typ porušení [%]	CF 30 SCF 70 AF 0
---------------------	-------------------------

Graf: Průběh zkoušky - Síla F [N] - Posuv příčnicku [mm]



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Katedra strojírenské technologie
Oddělení tváření kovů a plastů
Hálkova 6, 46117 Liberec, Czech Republic

<http://www.ksp.vslib.cz>

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

Datum: 25. května 2007

Podpis

Declaration

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I must inform TUL of this fact; in this case TUL has the right to seek that I pay the expenses invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Date: 25th May 2007

Signature